CARL ZEISS

OPTISCHE WERKSTÄTTE

JENA.



SPECIAL-CATALOG

ÜBER

APPARATE FÜR MIKROPHOTOGRAPHIE.



CARL ZEISS

OPTISCHE WERKSTÄTTE

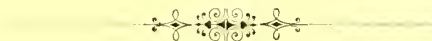
JENA.



SPECIAL-CATALOG

ÜBER

APPARATE FÜR MIKROPHOTOGRAPHIE.



I.

Beschreibung und Gebrauchsanweisung

des

neuen Apparates

für

Mikrophotographie.



Inhaltsverzeichniss.

Bei Gelegenheit der 60. Naturforscherversammlung zu Wiesbaden hatte der Unterzeichnete eine Reihe von Mikrophotographien ausgestellt, welche bei vielen mit den Schwierigkeiten der Herstellung guter mikroskopischer Abbildungen vertrauten Besuchern Beifall gefunden haben und welche auch in den meisten Berichten über die Ausstellung lobend hervorgehoben worden sind. Es sind infolge davon eine nicht unerhebliche Anzahl von Anfragen an die Firma Zeiss gelangt über Einrichtung und Gebrauch des mikrophotographischen Apparates, mit welchem die Bilder hergestellt wurden; dies war mir eine Veranlassung, meine auf diesem Gebiete gesammelten Erfahrungen zusammenzustellen und zugleich mit einer detaillirten Beschreibung der Apparate selbst hier zu veröffentlichen.

Wie aus dem beifolgenden Katalog ersichtlich ist, hält die Firma an der Herstellung von zwei verschiedenen mikrophotographischen Apparaten fest, von denen der eine in der unter der Bezeichnung „Modell Francotte“ bekannten Form unter möglichster Beschränkung der Kosten zur Verwendung mit jedem umlegbaren Mikroskopstativ construirt wurde und nur diejenigen Theile enthält, welche für die Beschäftigung mit Mikrophotographie als unentbehrlich gelten müssen. Der grosse Apparat jedoch ist das Resultat einer mehrere Jahre hindurch fortgesetzten Reihe von Versuchen und wurde ohne Rücksicht auf die Kosten mit allen denjenigen Einrichtungen ausgestattet, welche den gewonnenen Erfahrungen nach geeignet sind, die ohnehin äusserst mühsame und zeitraubende Arbeit der Herstellung von Photogrammen möglichst zu vereinfachen und der Ausführung derselben grössere Sicherheit zu verleihen. Die bei Acquisition dieses Apparates angewandte Mehrausgabe wird daher reichlich gedeckt durch die Zeitersparniss und Erleichterung aller nöthigen Manipulationen, welche ein in allen Theilen sorgfältig durchdachter und — wie die damit erzielten Resultate beweisen — praktisch erprobter Apparat gegenüber einer primitiveren Einrichtung gewährt.

Indem ich im Anhange von den in Wiesbaden ausgestellten Photogrammen einige in Lichtdruck vervielfältigte Proben vorlege, bezwecke ich damit nicht nur, meine im Folgenden auseinandergesetzten Erfahrungen zu illustriren, sondern zugleich

darauf hinzuweisen, dass die erzeugten Negative nicht allein zur Anfertigung von photographischen Copien der gewöhnlichen Art, sondern zur directen Vervielfältigung durch Druck verwendet werden können.

Die beigegebenen Abbildungen zeigen, welcher Fortschritt in dem zu ihrer Herstellung benutzten Lichtdruck-Verfahren gegenüber der Abbildung durch Holzschnitt liegt. Das Lichtdruck-Verfahren, welches in seiner jetzigen Gestalt kaum über ein Decennium alt und zweifellos erst in der Entwickelung begriffen ist, gestattet schon jetzt mittelst eines beliebigen photographischen Negativs ein Cliché herzustellen, das zur Vervielfältigung des Bildes mittelst Buchdruckerpresse verwendet werden kann, und das durch diesen Process gedruckte Bild steht der photographischen Silbercopie des Negativs nicht erheblich nach, ja es gleicht ihr sogar nahezu vollkommen, wenn die Herstellung des Negativs, wie es leider bei den meinigen nicht der Fall, speciell für die Vervielfältigung durch Lichtdruck erfolgte, d. h. auf abziehbaren Trockenplatten, wie sie neuerdings für diesen Zweck im Handel zu haben sind. Wir sind also durch dies Verfahren im Stande, eine Abbildung für den Buchdruck herzustellen, welche den abzubildenden Gegenstand nicht so wiedergiebt, wie ihn die subjective Auffassung des Zeichners sieht, sondern so wie er sich selbst auf der objectiven photographischen Platte abbildet, eine Errungenschaft, welche ganz zweifellos — nach Abstreifung gewisser noch anhaftender Mängel — die grösste Bedeutung für die Wissenschaft erlangen wird.*)

Für den gegenwärtigen Zweck schien es mir angemessen, Bilder von solchen Objecten zu wählen, welche gewöhnlich als Testobjecte benutzt werden und über deren Aussehen jeder Mikroskopiker ein Urtheil hat. Ich habe mit Bedauern bemerkt, dass die meisten Schriften über Mikrophotographie entweder überhaupt keine oder nur Abbildungen von nicht allgemein bekannten Präparaten enthalten, so dass dem Leser das einfachste Mittel fehlt, um den Wert der in ihnen empfohlenen Methoden und Einrichtungen zu beurtheilen.

Ausserdem dürfte es das Richtigste sein, die ersten mikrophotographischen Versuche sowohl wie die Ausprobirung neuer Methoden und Apparate stets an einem bekannten Testobjecte auszuführen und die erlangten Resultate mit anerkannt guten photographischen Abbildungen desselben zu vergleichen. Auch aus diesem Grunde habe ich einige meiner Aufnahmen von Pleurosigma ang. zur Vervielfältigung gewählt

---

*) Ich glaube dem Interesse derjenigen zu dienen, welche von derartigen Vervielfältigungen Gebrauch machen können, indem ich auf die erfreulichen Leistungen hinweise, welche u. A. die Firma **Kühl u. Co. in Frankfurt** auf diesem Gebiete erreicht hat.

und werde in der weiter unten folgenden Beschreibung der von mir verfolgten Methode, welche ich, wie ich gern anerkenne, im Allgemeinen gütigen Mittheilungen der Herren Geh. Rath Koch, Prof. Fritsch und Stabsarzt Plagge verdanke, auf die Aufnahme dieser Diatomee besonders Bezug nehmen. Ich bin der Ueberzeugung, dass derjenige, dem die Aufnahme dieses Objectes gelungen ist, ohne weitere Schwierigkeit zur Abbildung anderer Objecte schreiten kann.

Jena, März 1888.

Dr. Roderich Zeiss.

Beschreibung des mikrophotographischen Apparates.

Obgleich eine specielle Motivirung der von der üblichen Form abweichenden Einrichtung einzelner Theile des Apparates erst bei Auseinandersetzung des von mir bei meinen Versuchen befolgten Verfahrens gegeben werden kann, lasse ich zunächst zur allgemeinen Orientirung eine Beschreibung meines Apparates folgen.

Die Bestandtheile des Apparates sind wie gewöhnlich 1. Mikroskop und 2. Camera. Anstatt diese Theile, wie dies üblich ist, auf einem Brett zu vereinigen, habe ich vorgezogen, dieselben mit beiderseitigem Zubehör jeden für sich auf besonderem Stativ zu montiren (s. Blatt XII u. XIII) und nur während der Aufnahme des Bildes zu verbinden. Dies geschah:

1. um zu ermöglichen, dass alle Manipulationen am Mikroskop — welche bei der sonst üblichen Montirung des Apparates in gebückter Stellung sehr mühsam verrichtet werden mussten — vor diesem sitzend in möglichster Ruhe und Bequemlichkeit ausgeführt werden können (vergl. Blatt XII);
2. um den Apparat ohne Camera für sich als Projections-Apparat verwendbar zu machen.

Während die Trennung der beiden Haupttheile die erwähnten Annehmlichkeiten hat, ist zu gleicher Zeit durch den unten näher zu beschreibenden höchst einfachen Lichtabschluss und die Beweglichkeit der Camera auf Schienen die lichtdichte Verbindung derselben in denkbar raschester und mühelosester Weise ermöglicht.

I. Stativ für Mikrophotographie, mit Mikroskopirtisch und Beleuchtungsvorrichtungen.

Das Stativ (vergl. Blatt XV u. XVI) hat die allgemeine Form und Grösse unserer Stative I und Ia und ist demnach mit Zahn und Trieb zur groben, mit Mikrometerbewegung zur feinen Einstellung, mit Einrichtung zum Umlegen und rechtwinkliger Arretirung des umgelegten Obertheils ausgerüstet. Der aussergewöhnlich grosse Tisch ist mit einer durch rechtwinklig zu einander stehende Mikrometerschrauben geführten Kreuzbewegung und einer durch Zahn und Trieb vermittelten Drehung versehen und besitzt eine besonders grosse Tischöffnung für Benutzung ganz schwacher Objective mit aussergewöhnlich grossem Gesichtsfeld. Der gewöhnliche Abbe'sche Beleuchtungsapparat ist in der optischen Achse durch Zahn und Trieb beweglich und, wie neuerdings bei fast allen unseren Stativen, so eingerichtet, dass das in eine Hülse gefasste und in einer federnden Schiebehülse steckende gewöhnliche Condensorsystem leicht herausgenommen und umgetauscht werden kann gegen:

1. ein gewöhnliches Condensorsystem von 1,40 num. Apertur;
2. ein achromatisches Condensorsystem (1,0 num. Apertur) mit Irisblendung und Einrichtung zur kreuzweisen Centrirung sowie zur feinen Einstellung;
3. eine kreuzweise centrirbare Schiebehülse, in welcher eine mit englischem System-Gewinde (society-screw) versehene Röhre beweglich steckt, die für die Benutzung gewöhnlicher achromatischer Systeme als Beleuchtungsobjective dient;
4. beliebige andere Beleuchtungsapparate, welche etwa bei Versuchen in Betracht kommen können (Mikrospektral-Objectiv, Polarisator etc.).

Der Mikroskoptubus wurde in aussergewöhnlich grossem Durchmesser construirt theils zur Verminderung der Reflexwirkung der inneren Wand, theils um die Möglichkeit zur Benutzung ganz schwacher Objective zu geben, deren langer Focus ihre Verwendung innerhalb des Tubus nöthig macht (Objectiv 75 mm, neueste Construction).

Das Stativ ist ausser für Mikrophotographie auch für die gewöhnlichen mikroskopischen Arbeiten verwendbar.

Das Stativ findet seine Aufstellung auf einem, auf solider eiserner Säule montirten, in der Höhe verstellbaren **Mikroskopirtisch.** Derselbe besitzt eine schwarze und mit Holzrändern versehene **Tischplatte,** an deren einem, der Camera zugekehrten Ende das Stativ, auf einer mit drei Schrauben justirbaren Metallunterlage aufgeschraubt, zu stehen kommt, an deren anderem Ende eine Einrichtung zur Anbringung einer elektrischen Bogenlampe befestigt ist und auf deren Mitte, den ganzen Zwischenraum zwischen Stativ und elektrischer Lampe durchlaufend, eine sogen. **optische Bank** angeschraubt ist. Letztere, aus zwei starken Metallschienen bestehend, ist bestimmt, die folgenden Nebenapparate für die Beleuchtung zu tragen:

1. Für die Benutzung von Sonnenlicht.

2 **Blendungsträger,** vertical durch Zahn und Trieb verschiebbar und so eingerichtet, dass sie einerseits schnell auf die Seite umgelegt werden können, anderseits beim Aufklappen in Folge eines Anschlags genau in ihre alte Stellung zurückkehren; zugleich als Ständer für die matte Scheibe zu benutzen, welche bei schwacher Vergrösserung als Lichtquelle dient.

1 **Plan-Spiegel** mit grober und feiner Einstellung in der verticalen wie in der horizontalen Achse; in der Höhe verstellbar und fixirbar (S. Blatt XV).

1 **Cüvettenständer,** vertical beweglich durch Zahn und Trieb, zur Aufnahme von zwei Cüvetten für gelbe und blaue Flüssigkeiten.

2. Für die Benutzung der elektrischen Bogenlampe.

2 **Blendungsträger** wie oben.

1 **Cüvettenständer** wie oben.

1 **Wasserkammer** mit Spiegelglaswänden zur Absorption der Wärmestrahlen, in der Höhe durch Zahn und Trieb verstellbar.

1 **Sammellinsensystem,** bestehend aus drei zur möglichst vollkommenen Ausnützung der Lichtquelle construirten Crown-Glas-Linsen von 125 Mm Durchmesser. Die Brennweite dieses Linsensystems ist so berechnet, dass das Bild der Lichtquelle in die Objectebene des Mikroskopstativs projicirt wird. Dieselben sind verschiebbar in eine innen geschwärzte Messingröhre gefasst, welche mit Zahn und Trieb vertical beweglich auf einem Metallfusse auf der optischen Bank dicht an der elektrischen Lampe zu stehen kommt.

3. Für die Benutzung von Lampen- oder Magnesiumlicht.

Die vorige Einrichtung ausser der Kühlkammer. —

An dem Camera-Ende des auf drei Schrauben stehenden Metalluntersatzes für das Mikroskopstativ befindet sich eine nach Belieben ein- und ausschaltbare Einrichtung, welche die von der Camera aus geschehende Bewegung eines Hooke'schen Schlüssels durch ein entsprechendes Zahnrad auf die gleichfalls mit Zähnen versehene Mikrometerschraube des Mikroskopstativs zu übertragen bestimmt ist.

Endlich trägt der Tubus eine leicht aufsteckbare doppelte Hülse, in deren Zwischenraum, wie aus beifolgender Abbildung ersichtlich, ein entsprechendes am Mikroskop-Ende der Camera angebrachtes Hülsenstück sich bei Heranrollen der Camera einschiebt und so den lichtdichten Abschluss zwischen Mikroskop und Camera bewirkt, ohne dass die letztere das Mikroskop berührt.

II. Die Camera für Mikrophotographie mit Gestell und Zubehör.

Wie schon oben bemerkt, ist diese getrennt vom Mikroskop, und zwar ebenfalls auf einem leichten aber soliden Gusseisenstativ mit Eisenschienen montirt, auf welchem sie sich mittelst Rollen sanft und geräuschlos bewegen lässt. Die Gesammtlänge des Camerabalges ist $1^1|_2$ Meter und gestattet der letztere durch Verkürzung die Anwendung jeder geringeren Bilddistanz. Der Wunsch, den Apparat zugleich für Aufnahmen von flüssigen Präparaten (Reinculturen etc.) einzurichten, hat zu einer Theilung der Camera in zwei Hälften geführt, deren eine (Mikroskop-Hälfte) sich aufklappen und sowohl in senkrechter als in jeder schiefen Stellung fixiren lässt. Die Bewegung der Bildebene erfolgt bei diesem Theil durch starke Trieb- und Zahnstange (s. Blatt XIV), auf welcher letzteren sich auch das Mikroskopende der Camera bewegen lässt. Dieses trägt, wie oben erwähnt, die zum Lichtabschluss nöthige Hülse, welche aber, auf einem rasch entfernbaren Brettchen aufgeschraubt, leicht mit einem makroskopischen Photographen-Objectiv vertauscht werden kann, was die Camera zur Vornahme gewöhnlicher photographischer Aufnahmen geeignet macht.

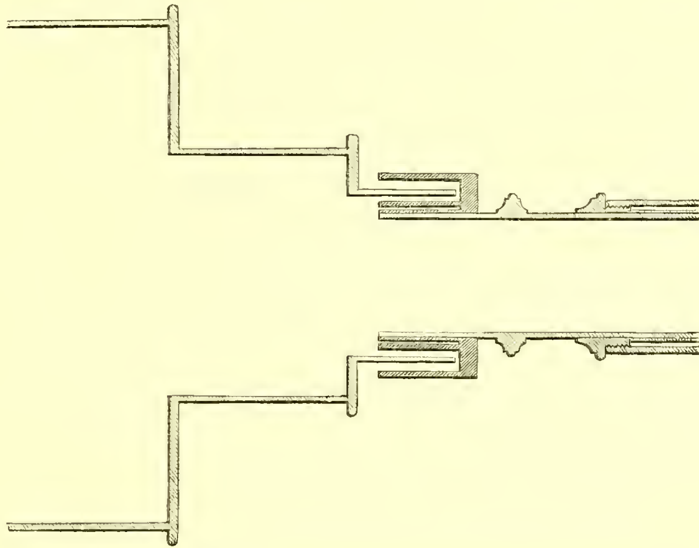


Fig. 1. Skizze zur Veranschaulichung der lichtdichten Verbindung zwischen Camera und Mikroskop.

Beide Hälften der Camera sind für Cassetten von 24 × 24 Cm Bildgrösse eingerichtet, von denen jedem Apparat zwei Stück beigegeben werden. Selbstverständlich lassen diese Cassetten sich durch Einlage von Rahmen für Platten von beliebiger geringerer Grösse verwenden.

Zwei Einstellplatten, von denen die eine mattgeschliffen, für oberflächliche Orientirung über das Bild, die andere, durchsichtig und auf der Mikroskopseite mit Diamantstrichkreuz versehen, für feine Einstellung des Bildes mittelst einer auf letzteres focussirten Stelllupe dient, vervollständigen die Einrichtung. Auf Wunsch wird noch eine dritte Cassette beigegeben, deren eigenartige Form gestattet, behufs Eruirung der besten Expositionszeit eine grössere Anzahl von Aufnahmen neben einander auf einer einzigen Platte auszuführen. Zu diesem Zwecke ist diese Cassette in einer Führungsleiste verschiebbar und wird mit beliebigen Haltepunkten vor einem Blechspalt vorübergeführt, welcher nur einen schmalen, für die Beurtheilung des Erfolgs jedoch hinreichenden Streifen des Bildes auf die empfindliche Platte kommen lässt (s. Blatt IV).

Beschreibung des bei Aufstellung und Gebrauch vorstehender Einrichtung zu befolgenden Verfahrens.

I. Die Aufstellung.

Bei der **Wahl des Raumes,** welcher als Laboratorium für Mikrophotographie dienen soll, ist besonders auf zwei Punkte Rücksicht zu nehmen:

1. Derselbe muss möglichst ruhig gelegen und besonders vor Erschütterungen des Fussbodens möglichst geschützt sein. Mein eignes Laboratorium habe ich, wie Benecke*), in das Parterrezimmer eines sonst unbewohnten Hauses gelegt und den Apparat auf zwei in den Boden eingelassenen Steinplatten aufgestellt. Da die Dielen des Zimmers mit dem Fundament gar nicht in Berührung sind, kann ich selbst während der Exposition im Zimmer herumgehen, ohne den Apparat im mindesten zu erschüttern. Wo eine so sorgfältige und bei der raschen Wirkung unserer Trockenplatten auch unnöthige Fundamentirung nicht vorgesehen ist, wird man wenigstens insofern für Vermeidung von Erschütterungen sorgen müssen, als man ein möglichst ruhig gelegenes Zimmer wählt und während der Manipulationen am Apparat alle Bewegung in demselben möglichst vorsichtig vornimmt.

2. Das Zimmer muss die Möglichkeit gewähren, einen Heliostaten an einem Fenster der nach Süden gelegenen Wand aufzustellen. Der Heliostat wird am vortheilhaftesten auf einer in der Wand eingemauerten Steinplatte aufgestellt; es genügt aber auch ein entsprechendes Consol aus Eichenholz

---

*) Dr. Berthold Benecke: Die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung, 1868, Braunschweig, Vieweg & S.

oder Eisen, welches man mittelst eiserner Haspen in Tischhöhe am Fenster befestigt und auf welchem man nach Ausprobirung der Stellung des Heliostaten letztere für jede weitere Arbeit markirt.

Die Fenster meines Zimmers lassen sich leicht durch Schiebeladen (leichte Holzrahmen mit Packleinwand und schwarzem Papier bezogen, lichtdicht auf Leisten verschiebbar) verdunkeln, von denen der am Heliostatenfenster angebrachte nur eine kleine, durch Pappdeckel verschliessbare Oeffnung für das vom Heliostaten ausgehende Strahlenbündel hat. Der Eingang in das Dunkelzimmer ist mit einer doppelten Schiebethüre gleicher Art verschliessbar, eine Einrichtung, welche gestattet, Cassetten aus dem Dunkelzimmer ohne zeitweise Erhellung desselben herauszureichen.

Der Standort des mikrophotographischen Apparates im Laboratorium muss so gewählt werden, dass der letztere bequem von allen Seiten zugänglich, und dass directes Sonnenlicht sowohl wie künstliches Licht bequem anzuwenden ist. Am besten steht er demnach etwa 1—1½ Mtr. von der Südwand des Zimmers entfernt, und zwar so, dass seine optische Achse mit dem vom Heliostaten horizontal in das Zimmer dirigirten Strahlenbündel einen rechten Winkel bildet und von dem auf der optischen Bank aufgestellten, oben näher beschriebenen Planspiegel aufgefangen und in das Mikroskop dirigirt werden kann.

Die Einschaltung dieses Spiegels hat gegenüber der directen Beleuchtung durch den Heliostaten folgende Vortheile:

a) Die am Mikroskopirtische in der Richtung der optischen Achse eventuell aufgestellte elektrische Bogenlampe kann so an ihrem Platze verbleiben, wenn mit Sonnenlicht gearbeitet wird; bei directer Benutzung des Heliostaten würde sie entfernt werden müssen, die Entfernung und Wiederaufstellung derselben sind aber stets umständlich und zeitraubend.

b) Die kleinen Fehler, welche im Gange des Heliostaten selbst bei correctester Aufstellung desselben vorkommen, können mit diesem Spiegel, welcher zu diesem Zweck feine Mikrometereinstellung in horizontaler und verticaler Achse erhalten hat, während der mikroskopischen Beobachtung (vom Mikroskopirsessel aus) ausgeglichen werden, eine Annehmlichkeit, welche die Einrichtung auch für diejenigen Fälle empfiehlt, für welche die electrische Bogenlampe nicht in Betracht kommt.

Soll bei Gas- oder Petroleumlicht gearbeitet werden, so findet nach Abnahme des erwähnten Spiegels die betreffende Lampe ihren Platz dicht vor der elektrischen Lampe.

Vor der definitiven Aufstellung des Apparates wird man zunächst den Heliostaten placiren müssen, um die Höhe seines Spiegels mit derjenigen der Camera-Achse in Einklang zu bringen. Lässt sich an der Aufstellung des Heliostaten nichts

ändern, so müssen die Füsse der Camera in ihrer Länge durch Anschrauben von Holzklötzchen entsprechend corrigirt werden.

Es erfolgt nun **die Aufstellung des in der Höhe verstellbaren Mikroskopirtisches** in der Weise, dass die optische Achse des auf demselben horizontal stehenden Mikroskopes in einer Ebene mit dem vom Heliostaten ausgehenden Strahlenbündel (rechtwinklig dazu) zu liegen kommt, und dass dieses von dem am Lampenende der optischen Bank befindlichen Spiegel aufgefangen wird. **Das Camera-Gestell** wird nun so placirt, dass die auf Eisenschienen und Rollen laufende Camera sich gerade bis an den Tubus des Mikroskopes heranschieben lässt und der, Seite 7 beschriebene, Lichtverschluss ohne Berührung des Tubus eintritt. Wenn die am Schluss beigefügten Abbildungen des Apparates (Blatt XII u. XIII) bei der Aufstellung desselben zu Rathe gezogen werden, so ist diese ohne Schwierigkeit auszuführen. Die Prüfung der Aufstellung erfolgt einfach, indem man das vom Heliostaten ausgehende Strahlenbündel mit dem Spiegel auffängt und in die optische Achse des noch nicht mit Linsen ausgestatteten Mikroskopes dirigirt; es zeigt sich dann genau in der Mitte der matten Scheibe der Camera ein heller Sonnenfleck, so gross wie die Oeffnung des Tubus.

Nachdem so der Apparat zur Aufstellung gekommen ist und die Einrichtungen zur Benutzung des directen Sonnenlichtes im Groben regulirt worden sind, steht derselbe zum sofortigen Gebrauche bereit. Das dabei am sichersten zum Ziele führende Verfahren soll nun im Folgenden beschrieben werden.

Die Frage, **welche Objective für mikrophotographische Arbeiten zu wählen sind,** ist leicht entschieden, nachdem bereits eine so erhebliche Anzahl hervorragender Mikrophotographen den durch die Construction der Apochromate gerade auf diesem Gebiete erreichten Fortschritt anerkannt hat. Wenn auch Objective älterer Construction in den Händen besonders geschickter Mikrophotographen Vorzügliches geleistet haben (sind doch Woodward's bestgelungene Diatomeen-Aufnahmen, seinen eigenen Mittheilungen nach, mit einem Zeiss'schen $^1|_{12}$ homog. Imm. alter Construction gemacht), so bieten diese Objective schon der ihnen anhaftenden Correctionsmängel wegen Schwierigkeiten verschiedener Art, von denen uns die Apochromate glücklich erlöst haben. Jedenfalls schliesst meine oben ausgesprochene Absicht, den sichersten Weg zur Erzielung guter Resultate zu zeigen, die Berücksichtigung aller Systeme aus, welche nicht, wie die Apochromate, annähernd frei von Farbenresten des secundären Spectrums sind und welche in Folge dessen eine mehr oder minder erhebliche Focusdifferenz verschiedenfarbiger Strahlen besitzen. Da nun vor der Hand Objective, welchen der Name Apochromate mit Recht zukommt, von anderen Firmen nicht angefertigt werden, so können für die folgenden Auseinandersetzungen zur Zeit nur die mit obiger Bezeichnung charakterisirten Objective der Firma Zeiss in Betracht kommen.

II. Das mikrophotographische Verfahren.

Die photographische Aufnahme eines mikroskopischen Bildes besteht bekanntlich darin, dass man die Lichter dieses Bildes auf die empfindliche Schicht der bekannten photographischen Platte wirken lässt, „belichtet“, diese zunächst latent bleibende Wirkung durch gewisse Chemikalien sichtbar macht, „hervorruft“, und dauernd auf der Platte „fixirt“. Diese Arbeit unterscheidet sich in nichts von den bei jedem Photographen ausgeführten Manipulationen und ist, besonders seit der Einführung der Trockenplatten, ohne Schwierigkeit zu erlernen. Ich werde mich daher bei der am Schlusse erfolgenden Besprechung dieses Punktes sehr kurz fassen können. Ganz andere Schwierigkeiten zeigen sich indessen bei der Hauptaufgabe des Mikrophotographen: der Erzeugung dieses mikroskopischen Bildes. Diese zerfällt in zwei deutlich getrennte Unterabtheilungen, von denen sich die eine mit der Beleuchtung des abzubildenden Objectes, die andere dagegen mit seiner Abbildung selbst beschäftigt.

A. Die Beleuchtung des Objectes.

I. Allgemeine Normen.

Der Beleuchtung des Objectes, d. h. sowohl den quantitativen und qualitativen Eigenschaften der Lichtquelle, als auch der Art und Weise, wie diese auf das Object zur Wirkung gebracht werden, fällt naturgemäss eine Hauptrolle bei der Lösung unserer Aufgabe zu. Hat dieselbe schon bei der gewöhnlichen mikroskopischen Beobachtung, wo doch die Irisblendung des Auges regulirend auf die Lichtmenge und die wechselnde Farbenempfindlichkeit der Netzhaut ausgleichend auf chromatische Defecte des Bildes einwirkt, ihre längst erkannte Bedeutung, so erklärt sich leicht, warum die Mikrophotographie, wo die Platte das Bild ungemildert wiedergiebt wie es ist, noch grössere Ansprüche macht. Es ist daher verständlich, dass diesem Theile meiner Besprechung ganz besondere Aufmerksamkeit zugewandt wurde.

Im Allgemeinen muss diejenige **Lichtquelle** als die beste bezeichnet werden, welche in quantitativer Hinsicht sowohl für die Einstellung eines Bildes genügende Helligkeit, als für die Belichtung der Platte genügende Intensität besitzt, und deren Licht in qualitativer Hinsicht möglichst weiss ist. Für schwache Vergrösserungen ist daher künstliches Licht vollkommen ausreichend, und zwar genügt bereits eine weissbrennende Gas- (Siemens) oder Petroleumlampe (letztere wegen ihrer grösseren Gleichmässigkeit vorzuziehen) vollkommen zur Erzielung guter Resultate. Starke Vergrösserungen machen sowohl an Intensität als an Farblosigkeit der Beleuchtung grössere Ansprüche und die Anwendung von Lampenlicht unmöglich, wenn man nicht bez. der Einstellung zu grosser Unsicherheit und bez. der Exposition zu allzu langer Dauer

kommen will, was beides die Vollkommenheit der Resultate zu vermindern geeignet ist. Von künstlichen Lichtquellen würde sowohl das elektrische Bogenlicht als das Magnesiumlicht sehr gut zu verwenden sein, wenn sie direct, d. h. ohne matte Scheibe angewandt werden könnten; dies ist leider nach meinen Erfahrungen nicht gut thunlich, weil der weissglühende Theil der Kohlenspitzen sowohl als des Magnesiumdrahtes nie ruhig auf einem Punkte stehen bleibt, sondern sich in steter Bewegung befindet, was sowohl Einstellung als Exposition unsicher macht. Auch diese beiden so verlockenden Lichtquellen bleiben daher besser von der Verwendung bei Aufnahmen mit starken Vergrösserungen ausgeschlossen, sind aber dafür vortrefflich indirect, d. h. mit matter Scheibe, für mittlere Vergrösserungen anzuwenden und ausserdem für die Projection mikroskopischer Bilder zur Demonstration — wo die oben beschriebenen Mängel nicht stören — von grösster Bedeutung.

Nach vielen Versuchen, welche nahezu alle denkbaren Lichtquellen einschliessen — der Curiosität halber sei erwähnt, dass ich auch bei der Weissgluth eines Siemens-schen Glasschmelzeofens photographirt habe — halte ich daher daran fest, für starke Vergrösserungen, namentlich wenn gefärbte Objecte in Frage kommen, ausschliesslich das directe Sonnenlicht als Lichtquelle zu empfehlen, trotzdem die Benutzung desselben wegen der Unbeständigkeit unseres Klimas mit grossen Unannehmlichkeiten verknüpft ist.

Die Ansichten über **die Anwendung der Lichtquelle auf das Object** haben erst in neuerer Zeit nach unendlicher Verworrenheit — und wohl auch nach Opferung einer unendlichen Anzahl von Platten — die so nöthige Klärung gefunden. Die Erfahrungen der meisten Mikrophotographen haben nämlich zu der Ueberzeugung geführt, dass man zu den besten Resultaten kommt, wenn man das Bild der Lichtquelle möglichst scharf in die Objectebene projicirt, was natürlich durch ein Linsensystem zu geschehen hat, welches an die Stelle des zu diesem Zwecke nicht vollkommen geeigneten Abbe'schen Beleuchtungsapparates eingesetzt wird. Die Construction eines diesem Zweck in allen Fällen, also besonders auch bei Beleuchtung mit directem Sonnenlicht entsprechenden Beleuchtungs-Systems wurde angeregt durch die Herren Geh. Rath Koch und Stabsarzt Dr. Plagge und ist nicht ohne Weiteres geglückt — es wurde in den letzten Jahren ein achromatisches Condensorsystem von der Firma angefertigt, welches nur theilweise genügte — sondern kam erst nach mehreren Versuchen zu Stande. Im Allgemeinen sind bei der Herstellung dieses Systems folgende drei Punkte maassgebend gewesen:

1. Der Oeffnungswinkel des Beleuchtungskegels.

Die Beobachtungen mit dem gewöhnlichen Beleuchtungsapparat zeigen, welchen grossen Einfluss der Oeffnungswinkel des auf das Object einfallenden Strahlenkegels auf die Beschaffenheit des mikroskopischen Bildes ausübt, und wie verschieden dieser

Oeffnungswinkel gewählt werden muss, um bei verschiedenen Präparaten je das günstigste Bild zu erhalten. Es ist selbstverständlich, dass bei den photographischen Aufnahmen diese Unterschiede ebenso in Geltung treten müssen. Im Allgemeinen erscheint das Bild in seinen Umrissen um so schärfer und markirter, je enger die beleuchtenden Strahlenkegel genommen werden, je kleiner also die wirksame Apertur des Beleuchtungsapparates ist. Denn bei Anwendung breiterer Kegel werden nothwendiger Weise einfallende Strahlen von verschiedenem Grade der Neigung gegen die Achse des Mikroskops gleichzeitig wirksam — bei centraler Beleuchtung neben rein axialen Strahlen, solche von mehr oder weniger beträchtlicher Schiefe — und bei Objecten, deren Elemente nicht durch ungleiche Absorption des Lichts, sondern durch Differenzirung im Brechungsvermögen sich gegen einander abgrenzen, sind die Bilder, welche einfallende Lichtbündel von verschiedener Schiefe erzeugen, nicht identisch, sondern hinsichtlich der Lichtvertheilung oft beträchtlich ungleich. Das Bild, welches ein Beleuchtungskegel von grosser Apertur erzeugt, ist also in jedem Falle thatsächlich das Resultat der Uebereinanderlagerung einer unbestimmt grossen Zahl von verschiedenartigen Bildern (einzeln herrührend von je einem der vielen kleineren, der Einfallsrichtung nach ungleichen Beleuchtungskegel, welche in dem breiten Einfallskegel als Theile enthalten sind), und es ist verständlich, dass hieraus eine mit der wachsenden Apertur des Beleuchtungsapparates zunehmende Unbestimmtheit und Undeutlichkeit des Bildes entspringen muss. Thatsächlich tritt bei solchen Objecten, welche weder durch natürliche noch durch künstliche Färbungsunterschiede Absorptionswirkungen auf die hindurchtretenden Strahlen ausüben, vielmehr nur im Brechungsvermögen der Theile differenzirt sind, fast vollständiges Verschwinden ein, wenn man sie mit Beleuchtungskegeln von grosser Apertur (z. B. 1.0 numerisch) beobachten will. Ausser diesem spricht noch für die Beleuchtung durch enge Einfallskegel der bekannte Umstand, dass auch bei den best-corrigirten Mikroskop-Objectiven die Bildfläche stets merklich gewölbt ist, das Bild also in der Achse und ausser der Achse nicht gleichzeitig (d. h. bei derselben Einstellung) vollkommen scharf wird. Beim Photographiren kommt diese Wölbung noch mehr zur Geltung wie bei der Ocularbeobachtung, weil hier die ausgleichende Accomodation des Auges fortfällt. Je grösser nun der Oeffnungswinkel der beleuchtenden — und damit auch der abbildenden — Strahlenkegel wird, desto rascher muss in dem auf eine ebene Fläche projicirten Mikroskopbild die Schärfe von der Mitte nach dem Rand hin abnehmen; desto kleiner also wird derjenige Theil des Sehfeldes, in welchem annähernd gleichmässige Schärfe erhalten wird.

Diesem gegenüber giebt es aber andrerseits drei Rücksichten, welche gerade umgekehrt zu Gunsten der Anwendung möglichst breiter Beleuchtungsbüschel sprechen:

a) Die gesteigerte Helligkeit des Bildes, welche mit der Vergrösserung des Beleuchtungswinkels selbstverständlich verbunden ist und die gerade beim Photographiren, wegen der Expositionsdauer, besondere Bedeutung gewinnt.

b) Die Verminderung der Diffractionssäume, welche bei engen Beleuchtungskegeln alle Contouren im Bilde umgeben und um so stärker hervortreten, je intensiveres Licht in Anwendung kommt. Diese Diffractionssäume (nach Abbe dem Wesen nach gewöhnliche Fresnel'sche Beugungserscheinungen an der Schattengrenze der Objecte) stören bei sehr engen, aber intensiven Beleuchtungskegeln die Deutlichkeit des Bildes in hohem Grade. Aus diesem Grunde verbietet sich z. B. ganz unbedingt die directe Beleuchtung eines Objectes durch die Sonne (oder auch durch die Kohlenspitzen der elektrischen Lampe) ohne Einschaltung eines Condensor-Systems, selbst bei schwachen Vergrösserungen, wo diese einfachste und bequemste Art der Beleuchtung hinsichtlich der Helligkeit völlig ausreichend sein würde. Man muss in solchem Falle eine matte Scheibe einschalten („das Licht diffus machen", wie man sagt) bloss zu dem Zwecke, beträchtlich breitere Beleuchtungskegel zu gewinnen als diejenigen von $^1|_2{}^0$, welche die Sonne direct liefern kann.

c) Die Steigerung des Unterscheidungsvermögens der Objective, welche auch bei centralem Lichteinfall ein Beleuchtungskegel von grösserem Oeffnungswinkel dadurch herbeiführt, dass in ihm neben den rein centralen Strahlen noch schief einfallende Strahlen enthalten sind. Letztere können noch Details abbilden, welche dasselbe Objectiv bei rein centraler Beleuchtung nicht sichtbar werden lässt — wie sich namentlich bei der Beobachtung von Diatomeen deutlich zeigt. (Ein Objectiv von 0,8 num. Apertur z. B. lässt bei einem sehr engen centralen Beleuchtungskegel die Zeichnung auf Pleurosigma angulatum kaum hervortreten; ein Beleuchtungskegel von ca. 0,3 num. Apertur aber, welcher schiefe Strahlen bis gegen 20° Neigung in sich begreift, liefert auch bei genau centralem Einfall ein vollkommen deutliches Bild der Zeichnung.)

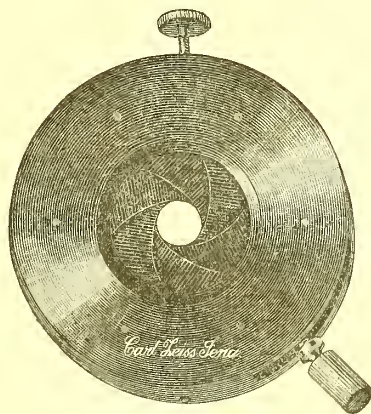
Der zuletzt erwähnte Vortheil der Beleuchtungskegel von grosser Apertur kann fast ohne Einschränkung zur Geltung gebracht werden, wenn es sich um die Abbildung von gefärbten Objecten oder gefärbten Bestandtheilen solcher handelt, bei welchen die Bilderzeugung ausschliesslich auf Absorptionswirkung gegründet ist. In diesem Falle tritt, wofern nur das Objectiv für seine volle Apertur sorgfältig corrigirt ist, auch bei Beleuchtungskegeln von 1.0 und mehr numerischer Apertur kein Verwischen des Bildes ein, (soweit diese absorbirenden Elemente in Frage stehen), das gleichzeitige Verschwinden der nicht absorbirenden Theile des Objectes aber ist jetzt kein Nachtheil, sondern vielmehr ein directer Gewinn. — R. Koch hat bekanntlich die Umstände dieses für die neueren Forschungen der Mikroskopiker besonders wichtig gewordenen Falles zuerst richtig würdigen gelehrt, indem er für Objecte der erwähnten Art die centrale Beleuchtung mit grosser Apertur in Anwendung brachte und allgemein empfahl.

Aus all diesem ergiebt sich, dass ein rationell eingerichteter Beleuchtungsapparat auch für die Zwecke der Photographie einerseits einen Beleuchtungskegel von grosser Apertur — wenigstens bis zu 1.0 — zur Verfügung stellen, andrerseits aber auch die Möglichkeit gewähren muss, diese Apertur auf einfache und sichere Weise beliebig einzuschränken, um sie der Beschaffenheit der Objecte und den sonstigen Rücksichten jederzeit anpassen zu können.

Allgemein giltige Regeln für diese Anpassung lassen sich dem Gesagten zufolge nicht aufstellen; denn es handelt sich von Fall zu Fall um die zweckmässigste Ausgleichung zwischen gegensätzlichen Anforderungen. Bei der Mehrzahl der Präparate (von gefärbten Objecten, im Besondern von Bakterienpräparaten abgesehen) zeigt sich jedoch erfahrungsgemäss, für die Ocular-Beobachtung wie für die Photographie, ein Beleuchtungskegel als vortheilhaft, der in der Apertur ungefähr ein Drittel von der Apertur des jeweilig benutzten Objectivs ausmacht, der also auch ca. ein Drittel von der freien Oeffnung des Objectivs mit Licht erfüllt.

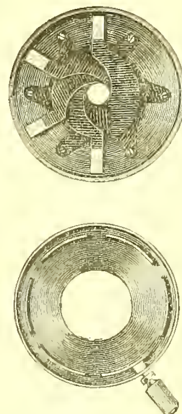
Man controlirt dieses Verhältniss bekanntlich ganz sicher durch Hineinsehen in den Tubus des Mikroskops nach herausgenommenem Ocular, indem man (bei Beleuchtung mit Sonnenlicht unter Anwendung eines geeigneten Rauchglases zum Schutz des Auges) beobachtet, welcher Theil der freien Objectivöffnung durch die einfallenden Strahlen gleichmässig beleuchtet erscheint.

Die Abstufung des Beleuchtungskegels geschieht am vollkommensten und bequemsten mit Hilfe einer **Irisblendung** am Condensorsystem, wie sie neuerdings von der Firma Zeiss auch für die zu gewöhnlichen mikroskopischen Arbeiten bestimmten Stative geliefert wird. [S. Fig. 2 u. 3.]



(natürl. Grösse.)

Fig. 2.



($^1/_2$ natürl. Grösse.)

Fig. 3.

Dieselbe kann an Stelle der auf dem Blendungsträger des Abbe'schen Beleuchtungs-Apparates befindlichen abnehmbaren Kappe angebracht werden und ersetzt dann vortheilhaft die gewöhnlichen auswechselbaren Blendungen, indem sie die Möglichkeit

der Verengerung oder Erweiterung der Oeffnung in ganz allmählicher Abstufung bietet. Man erreicht dabei eine kleinste Oeffnung von 1 Mm. und eine grösste, die nahezu dem Durchmesser des Condensorsystems gleichkommt. Am achromatischen Condensor für Mikrophotographie ist diese Irisblendung aus optischen Gründen innerhalb des Condensorsystems angebracht.

Die Tafeln V—VIII illustriren wenigstens einige von den Unterschieden, welche die Anwendung ungleich grosser Beleuchtungskegel bei photographischer Aufnahme der Bilder herbeiführt.

Die beiden auf Blatt V vereinigten Abbildungen von Pleurosigma angulatum zeigen dies mit hinreichender Deutlichkeit, wenn auch gerade der Druck dieser beiden Bilder — der Kleinheit ihrer Details wegen — im Vergleich mit den in meinem Besitze befindlichen Silbercopien, welche ich gern jedem Interessenten zur Verfügung stelle, als am wenigsten gelungen bezeichnet werden muss. Das mit grossem Beleuchtungskegel, 0.31 Apertur, aufgenommene Photogramm zeigt scharfe Umrisse, die Auflösung der Sechsecke jedoch nur über einen mässigen Theil der Frustel (gewölbtes Gesichtsfeld); das zweite, mit sehr kleinem Beleuchtungskegel, 0.10 Apertur, aufgenommene Bild dagegen zeigt verwaschene Umrisse, die Auflösung der Sechsecke über nahezu die ganze Frustel ausgedehnt (ebenes Gesichtsfeld), aber matt und verschwommen. Die gleiche Erscheinung bez. der Wölbung des Gesichtsfeldes ist an den mit dem Apochromat 16.0 Mm 0.30 Apertur aufgenommenen Bildern auf Blatt VI, VII, VIII zu erkennen, von welchen VI mit normaler, d. h. ungefähr $^1|_3$ des Systems in Anspruch nehmender Oeffnung des Beleuchtungskegels, VII mit grösserem und VIII mit sehr grossem ($^5|_6$ der Apertur des Objectivs ausfüllendem) Beleuchtungskegel aufgenommen ist.

2. Die Schärfe des in die Objectebene projicirten Sonnenbildchens

Bei der geringen Ausdehnung der leuchtenden Fläche, welche die Sonne zur Verfügung stellt — $^1|_2{}^0$ Winkeldurchmesser — ist eine gleichmässige Beleuchtung eines Objects (sofern einmal Strahlenkegel von grösserem Oeffnungswinkel erlangt werden sollen) überhaupt nur dadurch möglich, dass ein wenigstens annähernd scharfes Bild der Sonne auf das Object selbst projicirt wird. Dieser Zweck erfordert aber ein Beleuchtungssystem, welches frei ist von sphärischer und chromatischer Abweichung. Der gewöhnliche Beleuchtungs-Apparat mit unachromatischem Condensor-System ermöglicht zwar bei Anwendung einer genügend ausgedehnten Lichtquelle (z. B. des Wolkenhimmels) trotz der Aberrationen eine gleichförmige Beleuchtung, weil Strahlen von sehr verschiedenen Punkten einer solchen Lichtquelle in jedem Punkte des Objects zusammenwirken können; mit der Sonne aber — und ebenso auch mit dem elektrischen Lichtbogen, dessen hellster Theil gleichfalls sehr geringe Ausdehnung besitzt — ver-

sagt er den Dienst wegen der starken Zerstreuung der von einer so kleinen Lichtfläche ausgehenden Strahlen durch die sphärische Aberration der Condensorlinsen. Man muss also schon aus obigem Grunde ein sphärisch und chromatisch corrigirtes Condensorsystem (was der gewöhnliche Sprachgebrauch schlechthin mit „achromatisch“ bezeichnet) in Anwendung bringen.

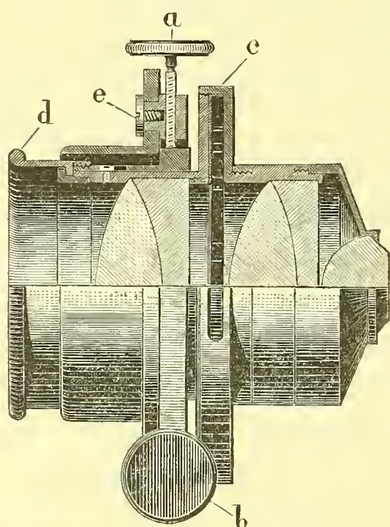
Hierzu kommt jedoch noch eine zweite wichtige Rücksicht. Schon bei der gewöhnlichen Ocular-Beobachtung zeigt sich, dass es der Reinheit und Deutlichkeit des mikroskopischen Bildes sehr zu Statten kommt, wenn nur derjenige Theil des Präparates, der abgebildet werden soll (und zwar ein möglichst kleines Feld) beleuchtet, das Uebrige aber vollkommen dunkel gehalten wird — wenn also überhaupt nicht mehr Licht auf das Object und in das Mikroskop gesandt wird, als der Zweck der Beobachtung unbedingt erfordert. Beim Photographiren aber macht sich der Vortheil einer solchen Licht-Oeconomie in noch viel höherem Grade bemerklich. Es ist nun einleuchtend, dass dieser Anforderung anders nicht genügt werden kann als durch Projection eines kleinen, d. h. eben nur die abzubildende Stelle des Präparates bedeckenden, scharfen Bildes der Sonne möglichst genau in die Ebene des Objectes — weil ein unscharfes Bild, oder ein Bild ausserhalb der Einstellungsebene, um ein gewisses Objectfeld noch gleichförmig leuchtend zu machen, grösser als dieses Feld sein, also im Ganzen mehr Licht zuführen müsste, als zum Bilde gebraucht wird. — Jedenfalls zeigt die Erfahrung beim Photographiren, dass die Aufnahmen um so besser werden, je genauer man das Sonnenbild auf das Object einstellt und je besser begrenzt es in dieser Ebene erscheint.

Selbst bei Aufnahmen mit geringen Vergrösserungen, bei welchen man — um ein relativ grosses Objectfeld beleuchten zu können — die Sonne oder die Kohlenspitzen nicht direct als Lichtquelle für den Condensor benutzt, sondern eine matte Scheibe diffus leuchtend macht und diese erst mittelst des Condensors auf das Präparat projicirt, ist es entschieden von Vortheil, die obige Regel zu beachten, d. h. den Durchmesser der matten Scheibe im Verhältniss zu ihrem Abstand vom Mikroskop so zu bemessen, dass ein scharfes Bild derselben in der Einstellungsebene gerade nur das abzubildende Objectfeld bedeckt.

3. Die Grösse des in die Objectebene projicirten Sonnenbildchens.

Bekanntlich wurde nach Geh. Rath Koch's Vorschlag bisher ein gewöhnliches Mikroskopobjectiv für die Projection des Sonnenbildchens in die Objectebene benutzt; für Aufnahmen mit einem System $^1|_{12}$ hom. Imm. kam je nach der Art des Objectes ein Trockenobjectiv von 0.30—0.85 num. Apertur zur Verwendung und gab vortreffliche Resultate. Auch ich habe bisher ein solches Objectiv benutzt und lege 2 Aufnahmen von Pleurosigma mit Apochromat 2.0 Mm. 1.30 Apertur (Blatt I, II) vor,

bei welchen das Sonnenbildchen mittelst des Trockenobjectivs Apochromat 16.0 Mm. 0.30 num. Apertur in die Objectebene projicirt worden ist. Das Sonnenbildchen füllt, mit genanntem Objectiv projicirt, nahezu das Gesichtsfeld eines Apochromat 2.0 Mm. aus. Soll jedoch — wie z. B. für Bacillen-Aufnahmen nöthig ist — ein Beleuchtungskegel von grösserer Apertur (beispielsweise 0.85 num. Apertur) verwandt werden, so hat dies den Nachtheil, dass man zu einem Objectiv von kürzerer Brennweite greifen muss, dessen Sonnenbildchen entsprechend kleiner ausfällt und dann nur einen kleinen Theil des Gesichtsfeldes vom Oelimmersionssystem ausfüllt. Wurde also z. B. ein Objectiv DD zur Beleuchtung verwandt, so war es nöthig, eine Convexlinse einzuschalten, welche das Sonnenbildchen auf die wünschenswerthe Grösse brachte. Die aus der Einschaltung dieser Convexlinse entspringenden Uebelstände (welche namentlich auch die Centrirung des Sonnenbildchens erschwerten) gaben die letzte Veranlassung



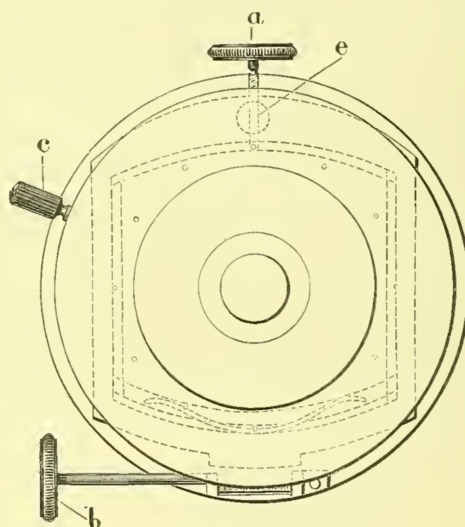


Fig. 4. (natürl. Grösse.) Fig. 5.

Achromatischer Condensor mit centrirbarem Adaptionsstück für seine Anbringung an der Stelle des gewöhnlichen Condensorsystems. *a* Mikrometerschraube für senkrechte Bewegung. *b* Mikrometerschraube für wagrechte Bewegung. *c* Irisblendung und Handhabe derselben. *d* Feine Einstellung des Condensorsystems. *e* Drehungsachse für die durch *b* vermittelte Bewegung.

zur Construction eines besonderen achromatischen Condensorsystems. Es wurde auf Anregung der oben genannten Herren ein achromatischer Condensor von 1.0 num. Apert. construirt, welcher, in einer entsprechenden Fassung centrirbar und focussirbar, an Stelle des gewöhnlichen Condensorsystems eingesetzt werden kann und

1. mit Irisblendung ausgerüstet, jede beliebige Oeffnung von 0.1—1.0 num. Apertur zur Focussirung des Sonnenbildchens anzuwenden gestattet,
2. selbst bei voller Oeffnung ein scharfes Sonnenbildchen entwirft,
3. endlich eine so grosse Brennweite besitzt, dass er ein Sonnenbild projicirt, welches nahezu das Gesichtsfeld des Apochromat 4.0 Mm 0.95 num. Apertur

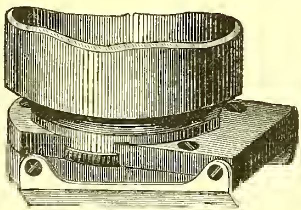
ausfüllt, bei schwächeren Objectiven mit entsprechend grösserem Gesichtsfelde jedoch die Einschaltung einer matten Scheibe verlangt, welche — durch Sonne, elektr. Lampe, Gas- oder Petroleumlicht erhellt — als Lichtquelle dient und als solche in die Objectebene projicirt wird.

Blatt III zeigt eine Pleurosigma-Aufnahme, bei welcher obiger achromatische Condensor (reducirt auf 0.40 N. A.) zur Entwerfung des Sonnenbildchens gedient, dieses jedoch nicht vollkommen scharf abgebildet hat, weil zufällig eine fehlerhafte Stelle im Heliostatenspiegel zur Reflexion desselben verwendet wurde. — Eine das Sonnenbild scharf zeigende, sehr gut gelungene Aufnahme konnte leider nicht durch Lichtdruck vervielfältigt werden, weil sie sich dafür nicht eignete.

II. Specielles Verfahren.

Nach diesen mehr allgemeinen Betrachtungen ist nicht schwer zu sehen, wie man im speciellen Falle bei der mikrophotographischen Aufnahme eines bestimmten Präparates zu verfahren hat.

Nachdem nämlich der zur Aufnahme ausersehene Theil eines Präparates mittelst desjenigen starken Objectives, welches dabei verwendet werden soll, auf dem herabgenommenen mikroskopischen Stativ mit dem gewöhnlichen Abbe'schen Beleuchtungsapparat und bei diffusem Tageslicht ausgesucht und behufs späterer Wiederauffindung mit den an den Findertheilungen des beweglichen Objecttisches abzulesenden Daten



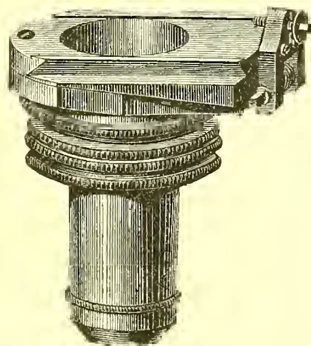


Fig. 6.

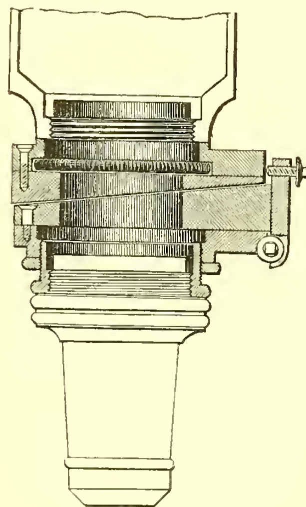


Fig. 7.

Schlitten - Objectivwechsler.

markirt worden ist, wird das starke Objectiv gegen ein schwaches (16.0 Mm) ausgewechselt und dieses auf das Präparat scharf eingestellt.

Der Wechsel der Objectiv-Systeme, gewöhnlich mittelst Revolver-Vorrichtung ausgeführt, erfolgt am photographischen Stativ bequemer mittelst des von mir construirten centrirbaren Schlitten-Objectivwechslers, dessen Beschreibung in der Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie IV, 3, p. 293 (1887) von Herrn Dr. Czapski gegeben wurde. Bei guter Centrirung der Objectivschlittenstücke fallen die Mittelpunkte der Gesichtsfelder genau auf denselben Punkt des Präparates, was für die folgenden Manipulationen wichtig ist.

Der Spiegel des Stativs und das Condensorsystem des gewöhnlichen Abbe'schen Beleuchtungsapparates werden hierauf abgenommen und letzteres durch den achromatischen Condensor ersetzt. Dieser wird bis nahezu an den Objectträger heraufgerückt und auf die gewöhnliche Art bei minimaler Oeffnung der Irisblendung centrirt. Hierauf wird das Stativ an seinen Platz auf dem Mikroskopirtische des Apparates gebracht und dort befestigt.

1. Anwendung der Lichtquelle direct (ohne matte Scheibe).

a) Sonnenlicht.

Hatten wir früher bereits das vom Heliostaten ausgehende und mittelst des zweiten Spiegels aufgefangene Strahlenbündel — welches mindestens den Durchmesser der Condensorlinsen haben muss — richtig in die optische Achse dirigirt, so erscheint das Präparat beim Beobachten mittelst des Apochromat 16.0 Mm. und eines mit Rauchgläsern verdunkelten Oculars bereits äusserst hell im Mittelpunkte des noch unscharfen Sonnenbildchens. Letzteres wird nun durch Focussirung des achromatischen Condensors, (welcher, wie aus der im ersten Theil gebrachten Beschreibung ersichtlich ist, ausser der am gewöhnlichen Beleuchtungsapparate angebrachten Zahn- und Triebbewegung eine feine Einstellung hat), in der Objectebene möglichst scharf abgebildet, so dass bei vollendeter Focussirung des Condensors das zur Aufnahme bestimmte Object scharf und mit schwarzen Contouren inmitten des sehr hellen, scharf begrenzten, runden Sonnenbildchens liegt.

Um die Achse des so richtig dirigirten Strahlenbündels genau festzuhalten resp. um dasselbe bei etwa eingetretenen Unregelmässigkeiten im Gang des Heliostaten — auf welche leider immer zu rechnen ist bei den hier nöthigen Ansprüchen — stets wieder in dieselbe correcte Richtung zu bringen, bedient sich Geh. Rath Koch des folgenden eben so einfachen als sinnreichen Verfahrens:

Der dem Mikroskop zunächst stehende Blendungsträger wird mit der ihm zugehörigen matten Scheibe versehen, welche nun von der Sonne hell erleuchtet ist und deren Bild mittelst entsprechend zu verändernder Einstellung des achromatischen Condensors leicht in der Objectebene erzeugt werden kann, wo sich dann das Korn des Mattschliffes deutlich durch das Mikroskop erkennen lässt. Ebenso leicht lässt sich, während man das Bild der matten Scheibe durch das Mikroskop beobachtet, auf der letzteren das Gesichtsfeld des 16.0 Mm-Objectivs mittelst eines Bleistiftes begrenzen. Ist dies geschehen, so bringt man in den nach dem Spiegel hin aufgestellten zweiten Blendungsträger eine Blendung, welche der Grösse des auf der matten Scheibe gezeichneten Bleistiftkreischens

annähernd entspricht, und regulirt die Stellung dieser Blendung so, dass sie gerade nur die Beleuchtung dieses Kreises gestattet. Lässt man den Blendungsträger immer in seiner einmal ausprobirten Stellung oder sorgt man durch Markirung dieser Stellung am Blendungsständer dafür, dass man sie jederzeit wiederfindet, so kann man mit Hilfe dieser Blendung jederzeit den Sonnenstrahlen die erwünschte genau centrische Richtung geben.

Es erfolgt nun die definitive Umschaltung der Systeme, indem das zur Aufnahme zu verwendende starke System an den Tubus kommt. In ihm wird sogleich mittelst eines durch Rauchglas verdunkelten Compensations-Oculars das Object scharf eingestellt. Während der scharfen Einstellung des Objectes hat nun die jedem Mikroskopiker geläufige Correction der optischen Theile stattzufinden, welche besteht: 1) in Ausprobirung der für die Eigenart des Objectes am besten passenden Oeffnung des Condensorsystems durch Oeffnen resp. Schliessen der Irisblendung, 2) Correction des Objectivs auf die Deckglasdicke, wenn es ein starkes Trocken- oder Wasserimmersionsystem ist, und 3) Justiren der Tubuslänge, auf welche das System die beste Wirkung giebt. Punkt 1 kommt für Präparate jeder Art in Betracht und ist von besonderer Wichtigkeit bei histologischen Schnitten, wo eine veränderte Oeffnung des Beleuchtungskegels oft den Charakter des Bildes merklich ändert. Punkt 2 und 3 werden wohl, wie anderwärts genugsam erörtert, nur bei Testobjecten und besonders bei den als solchen gebrauchten Diatomeen in Frage kommen, bei deren Aufnahme eine sehr sorgfältige Ausprobirung der Deckglascorrection und der Tubuslänge leicht auszuführen, aber auch unumgänglich ist, da Correctionsfehler einerseits bei der äusserst intensiven Beleuchtung leichter zu entdecken sind als bei diffusem Tageslicht, anderseits aber auch auf dem erzielten Bilde um so störender auftreten. Objecte anderer Art sind gegen kleine Abweichungen der Correction weniger empfindlich, immerhin ist es nöthig, sich auch bei diesen zu vergewissern, dass man nicht grobe Abweichungen in der Stellung des Correctionsringes bez. der Tubuslänge uncorrigirt gelassen hat.

Ist Alles in Ordnung, so hebt sich auf der hellen, immer noch ziemlich scharf begrenzten und den grössten Theil des Gesichtsfeldes einnehmenden Sonnenscheibe das Object mit Umrissen und Details gleich scharf und schwarz ab; das letztere giebt dann auch auf der Photographie ein gutes contrastreiches Bild, während bei unvollkommener Befolgung der obigen Rathschläge Contouren und Details mit Licht überdeckt erscheinen und auf der Photographie die allzu weichen, flauen und contrastarmen Bilder geben, welche ja allen Anfängern genugsam bekannt sein dürften.

b) Lampenlicht.

Wie ich oben erörtert habe, hat das Lampenlicht für Aufnahmen mit starken Systemen den grossen Nachtheil allzu geringer Intensität. Diesem Nachtheil gegenüber zeigt es indessen auch einen Vortheil, welcher es immerhin zu einer Lichtquelle macht, deren Berücksichtigung nicht übersehen werden darf. Dieser Vortheil ist ein doppelter.

Während nämlich das Sonnenlicht sich einen grossen Theil des Jahres hinter Wolken verbirgt und auch noch während der zählbaren Tage, an denen es, unverhüllt von Wolken, für unsere Arbeiten nutzbar wird, stündlich seine Intensität ändert — bekanntlich nimmt die aktinische Wirkung der Sonnenstrahlen sowohl während des Tages, als während des Jahres bis zum höchsten Stande der Sonne zu, beim Sinken der Sonne wieder ab — während es ferner in keiner Secunde völlig still steht und in Folge dessen den Gebrauch des Heliostaten zu unsern Arbeiten nöthig macht, bietet das Lampenlicht, dessen Benutzung uns jederzeit sofort zur Verfügung steht, sowohl eine sich stets gleich bleibende Intensität, als auch eine völlig unbewegliche Lichtquelle, — zwei Vortheile, welche besonders dem Anfänger schätzbar sind. Für Solche und auch für diejenigen Fälle, in denen eine starke Vergrösserung des Bildes nicht in Frage kommt, ist daher die Benutzung des Lampenlichtes zu empfehlen. Bei der Beurtheilung der zu wählenden Lampe muss berücksichtigt werden, dass es nicht auf den Grad der Helligkeit allein ankommt, welcher nur von der Grösse der Flamme abhängt — es erscheint bekanntlich selbst ein ganz rothes Licht dem Auge blendend weiss, wenn die es erzeugende Flamme sehr gross und intensiv ist — sondern einzig und allein darauf, dass die Lampe eine Flamme gewährt, von welcher wenigstens ein Theil ein völlig weisses Licht ausstrahlt. Bekanntlich sind sowohl auf dem Gebiete der Gas- als auf dem der Petroleumbeleuchtung in neuerer Zeit erhebliche Fortschritte gemacht worden, so dass es leicht ist, eine dem vorliegenden Bedürfnisse entsprechende Lampe zu erhalten.

Der Gebrauch der Lampe geschieht dem vorstehend beschriebenen Verfahren mit Sonnenlicht entsprechend durch Projection des Bildes der Flamme in die Objectebene, nur ist es zweckmässig, in diesem Verfahren insofern eine Modification eintreten zu lassen, als man durch eine grosse Biconvex-Linse ein verkleinertes Bildchen der Flamme entwirft und dieses erst zur Abbildung in der Objectebene mittelst des auf gewöhnliche Weise zu handhabenden Condensors benutzt. Man erreicht durch dieses Arrangement, dass die Lampe in ziemlicher Entfernung vom Mikroskop Aufstellung finden kann und dieses daher vor den Wärmestrahlen der Lampe, welche eventuell eine Veränderung der Einstellung des Objectives bewirken können, geschützt ist.

Die specielle Anordnung der Beleuchtung wird nun folgendermaassen ausgeführt.

Man placirt die Lampe, etwa $1^1/_2$ Meter vom Mikroskop entfernt, in die optische Achse desselben, stellt zwischen Mikroskop und Lampe die Sammellinse so auf, dass sie ein verkleinertes Bild der Flamme, ungefähr $^1/_4$ Meter vom Condensor entfernt, auf die zu diesem Zwecke dahin gestellte matte Scheibe (im Blendungsständer) entwirft. Der Condensor wird nun in der früher beschriebenen Weise auf das Korn der matten Scheibe eingestellt, welches im mikroskopischen Bilde sichtbar wird; ist das Korn zu fein, so macht man einige Bleistiftstriche daran, die dann leicht beobachtbar sind. Nach Wegklappen der matten Scheibe erscheint anstatt derselben das

Bildchen der Flamme in der Objectebene und wird durch seitliches Verrücken der Sammellinse so verschoben, dass sein hellster und gleichmässigster Theil gerade das zu photographirende Object bedeckt, welches sich dann — wie bei Benutzung des Sonnenbildchens — scharf und schwarz auf dem Flammenbild abhebt. Hierauf Umschaltung der Systeme, resp. Einschaltung des starken Systems, welches zur Aufnahme verwendet werden soll; scharfe Einstellung, Ausprobiren des Beleuchtungskegels durch Oeffnen oder Schliessen der Irisblendung, Correctur auf Deckglasdicke und Tubuslänge genau in der früher beschriebenen Art und Weise. —

Von anderen künstlichen Lichtquellen ist noch das Kalklicht zu erwähnen, welches seiner Intensität wegen sich im Allgemeinen für mikrophotographische Aufnahmen empfiehlt und vermöge der Constanz seines Lichtpunktes für die directe Verwendung geeignet ist. Selbst ohne nähere Erfahrung über seine Verwendbarkeit ersehe ich aus dem soeben erschienenen, vorzüglichen Werke von Dr. Paul Jeserich, „Die Mikrophotographie auf Bromsilbergelatineplatten bei natürlichem und künstlichem Lichte, unter ganz besonderer Berücksichtigung des Kalklichtes“, dass das letztere für unseren Zweck warm empfohlen wird, und verweise alle Interessenten auf dieses Werk, dessen Anschaffung sich für den Mikrophotographen auch seines übrigen Inhaltes und besonders der eingehenden Behandlung der photographischen Technik wegen sehr empfiehlt.

Gerade die Ausführung der eben beschriebenen, für das Zustandekommen guter Bilder wichtigsten Arbeiten wird durch die bisher übliche Montirung des ganzen Apparates auf einem Brett (wo noch obendrein die Camera meist unbeweglich festgeschraubt wird) ausserordentlich erschwert, da sie nur in gebückter Stellung bewirkt werden kann.

Die von mir ausgeführte getrennte Aufstellung von Camera und Mikroskop erlaubt, diese Manipulationen bei zurückgeschobener Camera, in bequemster Körperhaltung auf einem für jede Körpergrösse justirbaren Schemel vor dem Mikroskop sitzend auszuführen, und erleichtert somit dieselben ungemein.

2. Anwendung der Lichtquelle indirect (mit matter Scheibe).

a) Sonnenlicht.

Die directe Anwendung des Sonnenlichtes kann unvortheilhaft werden:

1. wenn bei Anwendung starker Systeme nur mässige Vergrösserungen erzielt und diese mittelst sehr empfindlicher Trockenplatten aufgenommen werden sollen. In diesem Falle wirkt das directe Sonnenlicht so heftig, dass ohne einen sehr feinen Momentverschluss es schwer wird, die Exposition auf das nöthige Minimum abzukürzen.

2. Wenn beliebige Vergrösserungen mittelst schwacher Systeme in Frage kommen; das auf die oben beschriebene Art in die Objectebene projicirte

Sonnenbildchen, welches, wie wir wissen, nur das Gesichtsfeld starker Systeme deckt, ist dann, abgesehen von seiner auch hier übermässigen Intensität, zu klein, um das zu photographirende Object gleichmässig zu beleuchten.

Unter beiden Umständen giebt die indirecte Anwendung des Sonnenlichtes die nöthige Abhülfe, indem sie einerseits die Lichtintensität erheblich vermindert, anderseits die gleichmässige Beleuchtung einer beliebig grossen Partie des Objects gestattet.

Die indirecte Anwendung des Sonnenlichts erfordert weiter nichts als **die Einschaltung einer matten Scheibe** zwischen Reflexionsspiegel und Mikroskop. Diese Scheibe wird dem Apparate beigegeben und durch den dem Mikroskop zunächst stehenden Blendungsständer auf der optischen Bank angebracht. Das vom Heliostaten ausgehende und eventuell vom zweiten Spiegel in die optische Achse reflectirte Strahlenbündel gelangt so nicht direct in das Mikroskop, sondern beleuchtet diese matte Scheibe, die nun nach dem Mikroskop zu ein diffuses, immer noch ziemlich intensives Licht ausstrahlt und so ihrerseits als Lichtquelle für die Beleuchtung des Objectes dient, indem sie mittelst des achromatischen Condensors scharf in der Objectebene abgebildet wird. Durch Ausstattung des auf der optischen Bank befindlichen zweiten Blendungsständers mit verschieden grossen Blendungen kann man die Grösse der so erzeugten künstlichen Sonnenscheibe variiren und derartig reguliren, dass die in der Objectebene von ihr entworfene Abbildung gerade das Gesichtsfeld des zur Aufnahme dienenden Objectivs ausfüllt.

b) Künstliches Licht.

Von künstlichen Lichtquellen kommen für indirecte Verwendung nur diejenigen in Betracht, deren directe Benutzung aus den oben angeführten Gründen (Inconstanz der leuchtenden Punkte) für Mikrophotographie nicht zu empfehlen ist, nämlich das Magnesiumlicht und das elektrische Bogenlicht.

Das Magnesiumlicht ist chemisch vorzüglich zu photographischen Zwecken brauchbar, weil es intensiv weiss leuchtet, also Strahlen von jeder Farbe des Spectrums in gleichmässiger Vertheilung enthält. Bekanntlich wird es von Photographen auch in ausgiebiger Weise verwendet und bietet vorzügliche Dienste bei Aufnahmen von Interieurs sowie bei Momentaufnahmen (Blitzpulver). Für mikrophotographische Aufnahmen wurde es mir besonders von Prof. Fritsch empfohlen, welcher bekanntlich ausgezeichnete Resultate mit Hülfe dieser Lichtquelle erreicht hat. Auch in den Händen anderer geschickter Mikrophotographen mag es zu gutem Erfolge führen und das elektrische Bogenlicht zur Noth ersetzen. Ich selbst habe mich jedoch, obgleich im Besitz einer vorzüglichen Magnesiumlampe, nie dazu entschliessen können, grössere Aufnahmen mit demselben zu machen, weil die fortwährenden Schwankungen in der Intensität, welche während des Abbrennens des Magnesiumsdrahtes erfolgen, mir die Ruhe beim Einstellen und Exponiren rauben.

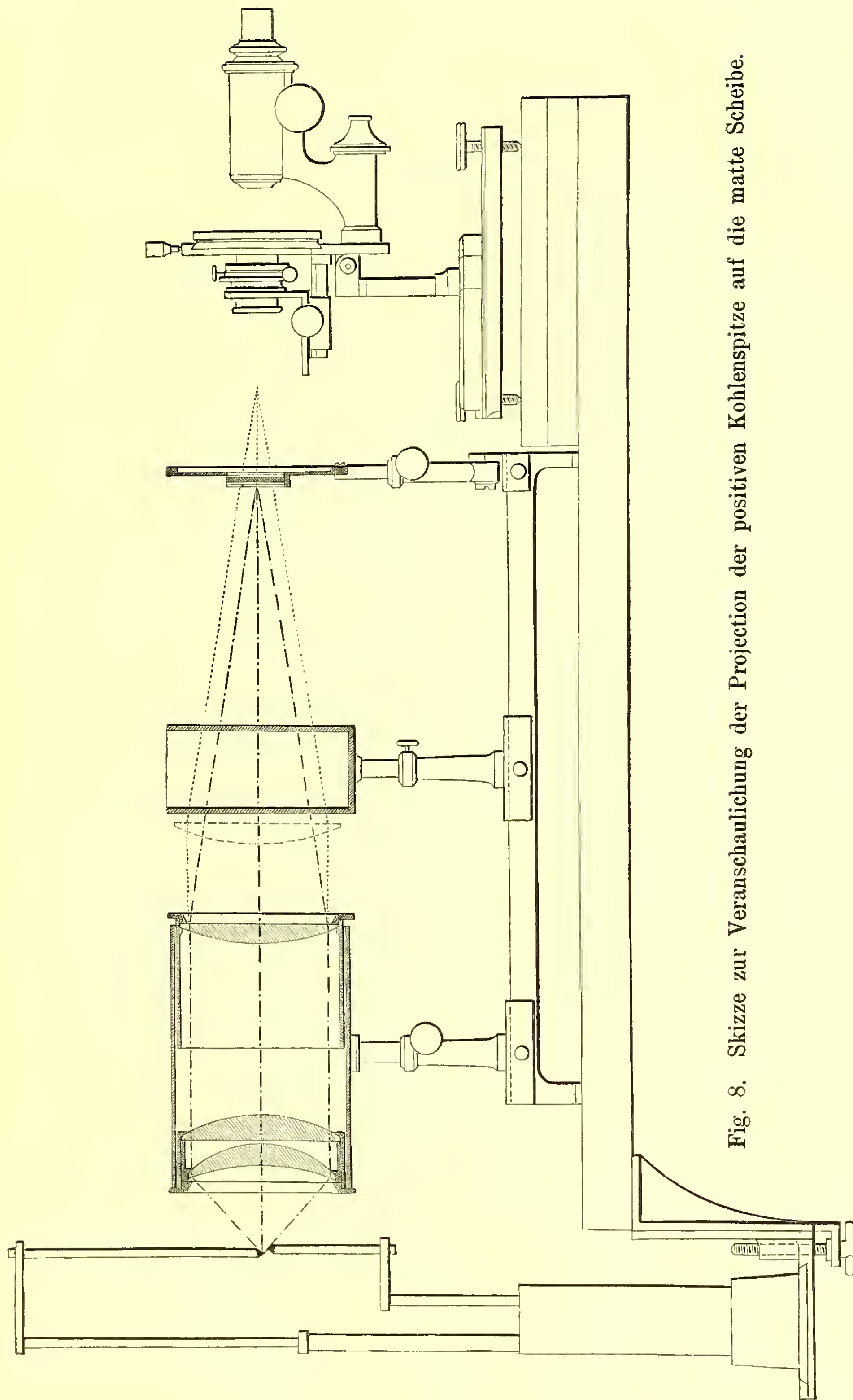


Fig. 8. Skizze zur Veranschaulichung der Projection der positiven Kohlenspitze auf die matte Scheibe.

Dagegen kann ich aus voller Ueberzeugung **das elektrische Bogenlicht** — dessen directe Verwendung für die Demonstration mikroskopischer Bilder im Auditorium am Schluss beschrieben werden wird — zur indirecten Verwendung für mikrophotographische Aufnahmen empfehlen.

Wie aus dem Obigen leicht zu schliessen ist, findet diese indirecte Verwendung des elektrischen Bogenlichtes so statt, dass mittelst desselben die mehrfach erwähnte matte Scheibe erleuchtet wird, welche nun ebenso in die Objectebene projicirt wird, wie es bei der indirecten Anwendung des Sonnenlichtes beschrieben wurde. Die Erleuchtung der Scheibe wird selbstredend erzielt, indem man mittelst eines entsprechenden Condensorlinsensystems das Bild der glühenden Kohlenspitzen auf dieselbe projicirt. Betreffs der letzteren ist zunächst zu bemerken, dass die positive Kohlenspitze ungleich intensiver und in grösserer Ausdehnung glüht als die negative, und dass es in Folge dessen zweckmässig ist, diese allein zu benutzen, indem man die Stellung der Kohlen so regulirt, dass sie nicht wie beim gewöhnlichen Gebrauch der Lampe senkrecht über einander stehen, sondern schief zu einander; dadurch wird der glühende Theil der positiven Spitze voll dem Mikroskop zugekehrt, während die negative Spitze ihren glühenden Theil nach der entgegengesetzten Richtung wendet.

Das zur Projection des Bildes dieser Kohlenspitze auf die matte Scheibe dienende Sammellinsen-System ist abweichend von der bisher für ähnliche Zwecke üblichen, aus zwei halbkugeligen Linsen bestehenden Combination construirt, wie aus der beifolgenden Zeichnung zu ersehen ist.

Derjenige, der Kohlenspitze zugekehrte Theil der Linsen, welcher die Sammlung der von der Kohlenspitze divergirenden Lichtstrahlen in ein Bündel paralleler Strahlen bewirkt und dementsprechend in die hierzu am meisten geeignete Entfernung von der Lampe ein für allemal aufzustellen ist — was leicht experimentell festgestellt werden kann — wendet zur Verminderung der sphärischen Aberration der Lampe eine concave Fläche zu. Der dem Mikroskop zugekehrte Theil des Linsensystems, welcher die parallelen Strahlen wieder zu einem Bilde vereinigt, ist in einer Schiebehülse beweglich gefasst, was die Verrückung des Sammelbildchens in der optischen Achse innerhalb ziemlich weiter Grenzen gestattet. Haben wir demnach den ersten Theil des Linsensystems — welches als Ganzes mittelst eines mit Zahn und Trieb in der Höhe verstellbaren Ständers auf der optischen Bank montirt ist — in der oben gekennzeichneten Art aufgestellt, so schieben wir den zweiten Theil so weit herein oder heraus, bis das Bildchen der positiven Kohlenspitze in der Mitte der in gewöhnlicher Entfernung vom Mikroskop stehenden matten Scheibe scharf als ovaler heller Fleck erscheint. In dieser Grösse reicht der helle Fleck, durch den achromatischen Condensor in die Objectebene projicirt, zur Deckung des Gesichtsfeldes eines stärkeren Systems aus und repräsentirt zugleich das Maximum der erreichbaren Intensität. Für schwächere Systeme, welche einerseits einen grösseren Theil des

Präparates erleuchtet haben wollen, andererseits mit geringerer Intensität fürlieb nehmen, wird der helle Fleck auf der matten Scheibe einfach durch Herausziehen der 2. Sammellinse — was den Focus derselben dem Mikroskop nähert — beliebig vergrössert.

Bekanntlich entwickelt die elektrische Bogenlampe ausser intensiven Licht- auch sehr starke Wärmestrahlen, zu deren Absorbirung direct vor die Sammellinsen eine mit Spiegelglaswänden versehene und mit destillirtem Wasser gefüllte Kühlkammer aufgestellt werden muss. Um die allzu grelle Hitze und etwa absprühende Funken von der 1. Sammellinse etwas abzuhalten, bedeckt man diese mit einem entsprechend gefassten Micafenster.

Für diese Art Beleuchtung kann jede elektrische Lampe dienen, deren Kohlenspitzen durch eine entsprechende mechanische Einrichtung automatisch regulirt werden und daher während des Abbrennens ihren Standpunkt nicht erheblich verändern. Absolut ist dies bekanntlich bei keiner der bisher construirten Lampen zu erreichen; ich habe bei meinem Apparat daher die Lampe durch eine Schraube in der Höhe verstellbar montirt und kann kleine Abweichungen mittelst derselben ohne Mühe corrigiren. Ihres exacten Brennens und ihrer zierlichen Form wegen ziehe ich die von der Firma Siemens gelieferten „Hefner-Alteneck'schen" Contactlampen allen anderen Constructionen vor.

3. Anwendung der Lichtquelle für besondere Zwecke.

a) Aufnahmen mit Objetiven von langer Brennweite und grossem Gesichtsfeld (ohne Projections-Ocular).

Für Aufnahmen von Bildern grösserer mikroskopischer Objecte unter sehr schwacher Vergrösserung bei möglichst grossem Gesichtsfeld hat die Firma Zeiss neuerdings ein Objectiv von 75 Mm Brennweite construirt, welches für die directe Verwendung ohne Projections-Ocular bestimmt ist. Die auf Blatt XI vereinigten beiden Abbildungen sind mit demselben ausgeführt; leider hat in diesem Falle der Lichtdruck zur Wiedergabe der feineren Details, die sich auf den in meinem Besitze befindlichen Negativen vorfinden, nicht ausgereicht. Die Aufnahmen mit diesem System unterscheiden sich nur in der abweichenden Beleuchtungsweise, welche im Folgenden beschrieben ist.

Bezüglich der Lichtquelle gelten für diesen Zweck die oben ausgesprochenen Regeln; nach diesen eignet sich daher die indirecte Anwendung der elektrischen Bogenlampe (oder des Magnesiumlichtes) oder die directe der Petroleumlampe. Letztere erhält wie die matte Scheibe bei indirecter Anwendung eine kreisförmige Abgrenzung durch Vorsetzen einer Blendung, deren Durchmesser variirt je nach der Grösse des Beleuchtungskegels, den man anzuwenden gedenkt. Nur in der **Application der Licht-**

quelle auf das Object empfiehlt sich hier eine Veränderung, welche durch die veränderte Bestimmung des neu construirten Objectives bedingt ist. Während es sich bei den Systemen kürzerer Brennweiten um die Erleuchtung eines verhältnissmässig kleinen Theiles des Präparates handelte, haben wir für dieses System, dessen lange Brennweite seine Verwendung innerhalb des Tubus, wie aus beifolgender Skizze ersichtlich ist, nöthig macht, ein Gesichtsfeld von ca. 15 Mm. gleichmässig zu erleuchten. Dass dies nicht mittelst des Condensorsystems ausführbar ist, liegt auf der Hand; es wird vielmehr in diesem Falle die Anwendung einer Sammellinse von ziemlich langer Brennweite nöthig, welche, in einer entsprechend passenden Hülse gefasst, in die Schiebehülse des Beleuchtungsapparates an die Stelle des herausgenommenen Condensorsystems eingeschoben und so placirt wird, dass das Bildchen der Lichtquelle nicht in die Objectebene, sondern in die Mitte des Objectivs fällt. Durch dieses Arrangement der Beleuchtung wird die gleichmässige Erhellung des Objectes für das ganze Gesichtsfeld des vorliegenden Objectives erzielt.

Im speciellen Falle wird man also bei Einrichtung der Beleuchtung für die Benutzung des 75 Mm-Systems oder eines ähnlichen schwachen Objectives folgendermaassen verfahren. Nachdem die Lichtquelle in gewöhnlicher Weise in der optischen Achse aufgestellt worden ist, wird das aufzunehmende Object auf den Objecttisch des Mikroskopes gelegt und durch Einschalten der dem Apparate für diesen Zweck beigegebenen kleinen Sammellinse zunächst aufs Gerathewohl beleuchtet. Hierauf schraubt man das untere Ende des Tubus, welches für gewöhnlich die Objective aufnimmt, ab, wodurch die Tubushülse sich mit ihrem vollen Durchmesser nach dem Object hin öffnet. Sodann wird der Tubusauszug gleichfalls abgeschraubt und an seine Stelle das System 75 Mm. an dem Lichtverschlussstück sitzend angeschraubt. Man stellt nun das Objectiv mit der groben Einstellung durch Zahn und Trieb so ein, dass es ein Bild des Objectes in der gewünschten Grösse — resp. entsprechender Bilddistanz — auf die matte Scheibe wirft.

Das Bildchen der Lichtquelle wird nun mittelst der kleinen Sammellinse durch Verstellung derselben so entworfen, dass es scharf in die Mitte des Objectives fällt. Ob dies genau der Fall ist und welcher Theil der Objectivöffnung hierdurch zur Benutzung kommt, controlirt man folgendermaassen:

1) Die Entfernung des Objectivs von der Bildebene (nach einer scharfen Einstellung) ist leicht mittelst eines Maassstabes festzustellen. In dieser Entfernung hält man ein Blatt Papier, nachdem man hierfür durch Wegrücken des Tubus Platz gemacht hat; auf dem Papier bildet sich die durch die Sammellinse entworfene Lichtquelle ab, und es kann mit Leichtigkeit constatirt werden, bei welcher Stellung

der Sammellinse das Bildchen der Lichtquelle bei der gegebenen Distanz vom Object am schärfsten wird.

2) Die Centrirung des Lichtbildchens nimmt man vor, indem man dasselbe in dem nun wieder scharf eingestellten Objectiv selbst beobachtet. Wenn sich die Lichtquelle genau in der optischen Achse befindet, und das Bild derselben correct in der Objectivebene entworfen worden ist, so steht das Lichtbildchen genau in der Mitte des

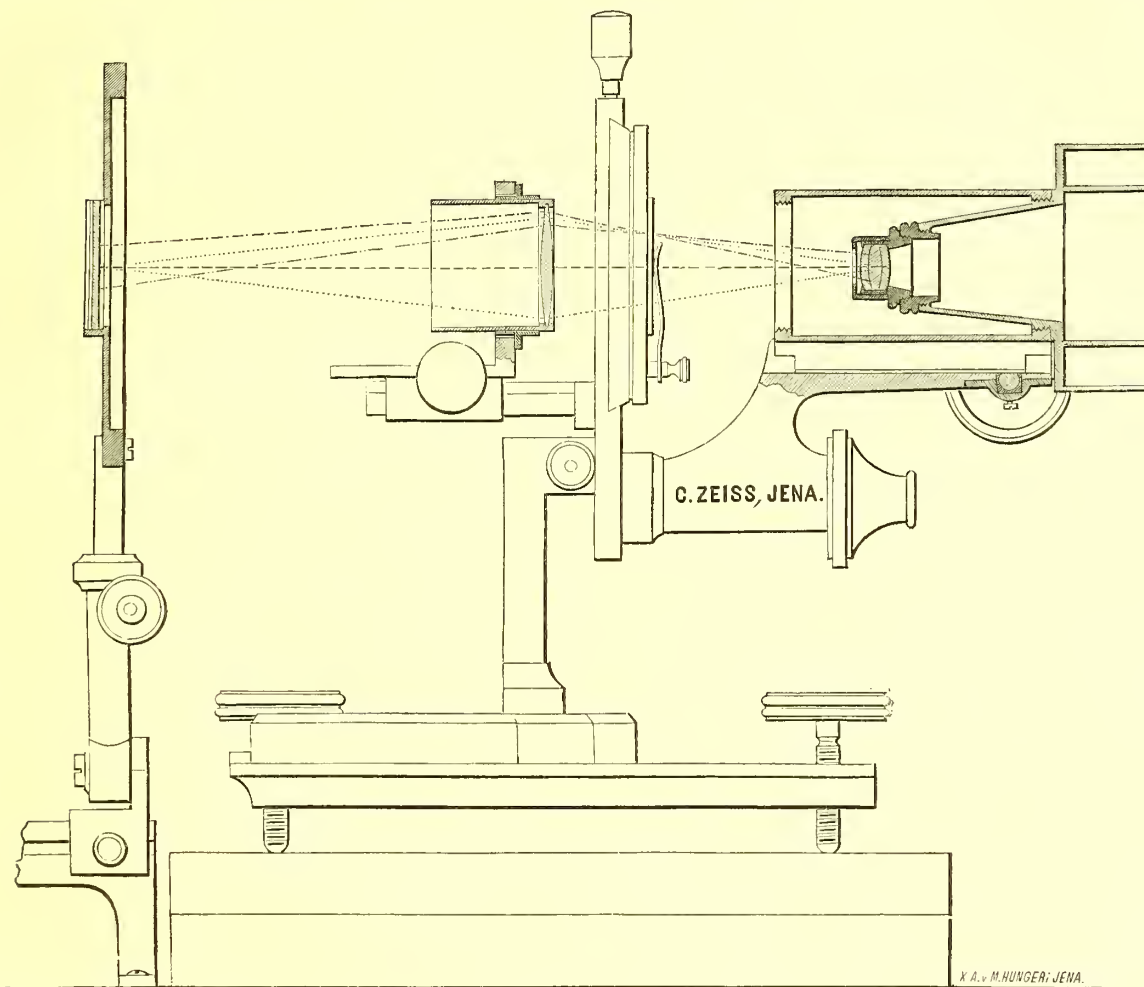


Fig. 9.

Skizze zur Veranschaulichung des Strahlengangs bei der Beleuchtung für Aufnahmen mit Objectiven langer Brennweite.

Objectives und bleibt darin stehen, auch wenn der Beobachter mit dem Auge seitlich aus der optischen Achse abweicht. Steht das Lichtbildchen ausserhalb der Mitte des Objectives, so ist die Beleuchtung nicht axial und muss entsprechend corrigirt werden.

3) Wie viel von der Oeffnung des Objectives von dem Beleuchtungskegel benutzt wird, erkennt man beim Hineinschauen in den Tubus in der früher beschriebenen Weise, indem man den Theil des Objectives, welcher von der Lichtquelle direct in Anspruch genommen wird, hell erleuchtet, den unbenutzten dagegen dunkel sieht. Eine Regulirung des Beleuchtungskegels, für welche die früher auseinandergesetzten allgemeinen Regeln gelten, findet statt, indem man die Lichtquelle durch Vorsetzen grösserer oder kleinerer Blendungen in ihrem Durchmesser so verändert, dass das Bildchen derselben nur etwa $^1/_3$ des Objectives in Anspruch nimmt.

Die vorstehende Skizze zeigt wohl hinreichend deutlich die Placirung des Objectives, diejenige der Sammellinse und der Lichtquelle, und den Gang dreier Lichtstrahlen, von denen der eine vom Centrum der Lichtquelle, die beiden anderen von ihren Rändern ausgehen.

b) Aufnahmen mit „schiefem“ Licht.

Bekanntlich nimmt die mikroskopische Praxis nur in äusserst seltenen Fällen die schiefe Beleuchtung zu Hülfe und überlässt dieselbe fast ausschliesslich denjenigen Mikroskopikern, welche sich mit der „Auflösung“ von Liniensystemen und sonstigen regelmässig geordneten Zeichnungen befassen, wie sie u. A. die als Testobjecte benutzten Diatomeen zeigen. Gerade das Studium dieser Objecte zeigt aber, dass mit Hülfe der schiefen Beleuchtung Details sichtbar gemacht werden können, welche die rein centrale Beleuchtung gar nicht ahnen lässt, und sollte daher Veranlassung geben, die erstere häufiger, als es geschieht, auch bei dem Beobachten von histologischen Objecten zu Rathe zu ziehen. Es ist deshalb bei der Construction des Abbe'schen Beleuchtungsapparates aus guten Gründen darauf Bedacht genommen worden, dass der Wechsel zwischen centraler und schiefer Beleuchtung so leicht und bequem wie möglich ausgeführt werden, und dass bei Benutzung von schiefer Beleuchtung der Einfallswinkel der schiefen Strahlen bis zur äussersten Grenze des Oeffnungswinkels der Systeme für homogene Immersion gesteigert werden kann. — Letzterer Umstand hat nach Einführung der Systeme von 1.40 num. Apert. zur Anfertigung eines neuen Condensorsystems von gleich hoher Apertur geführt. — Der gleiche Grund giebt mir Veranlassung, bei Besprechung der Beleuchtungsmethoden für die mikrophotographische Aufnahme die Benutzung des schiefen Lichtes für denselben Zweck nicht unerwähnt zu lassen.

Ich selbst habe, da es ja noch unentschieden ist, wie weit sich die schiefe Beleuchtung mit Vortheil auf das Studium histologischer Objecte anwenden lässt, zunächst nur Versuche mit Diatomeen gemacht und auch diese auf Aufnahmen solcher Bilder beschränkt, welche ihr charakteristisches Aussehen nur bei Anwendung von Objectiven grösster Apertur und schiefster Beleuchtung zeigen. Für diese ist es be-

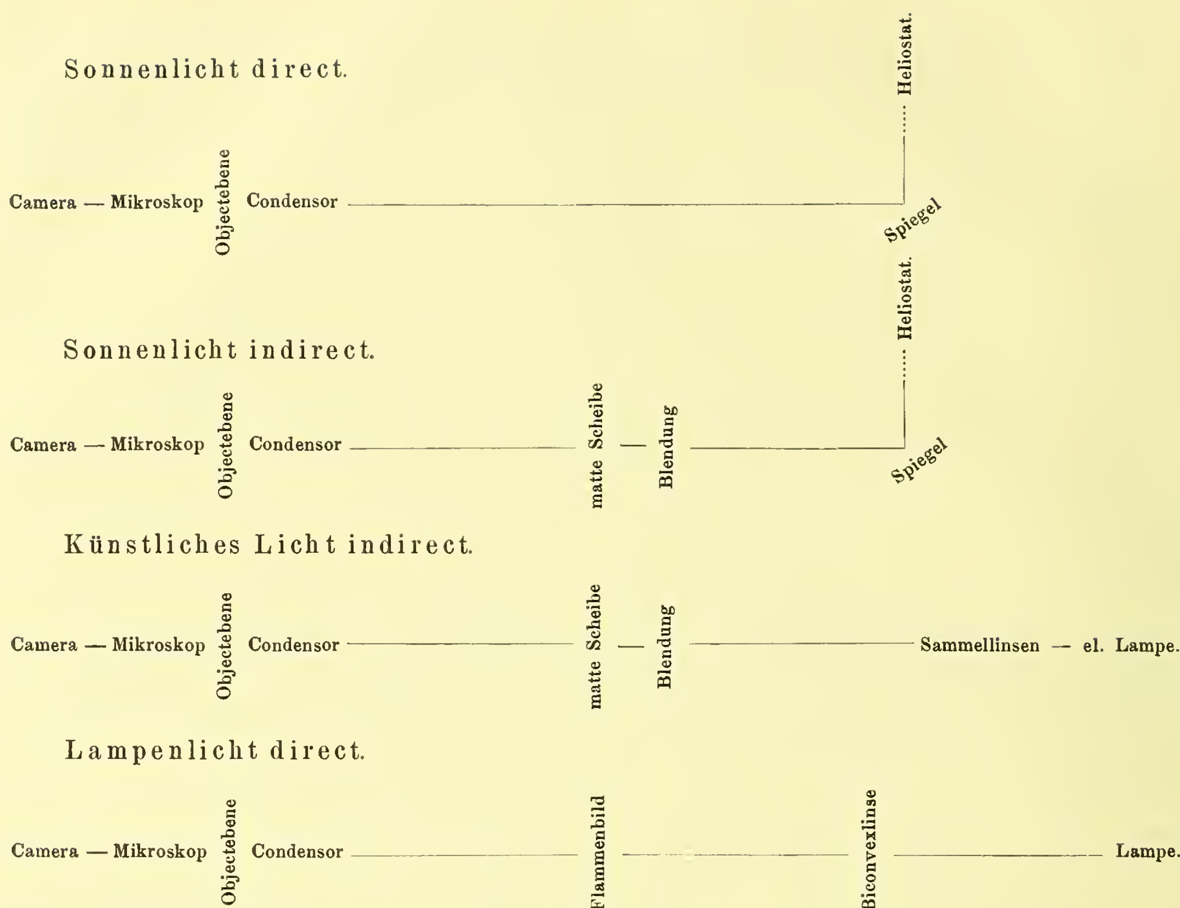
kanntlich möglich, auf der photographischen Platte mittelst der für das Auge nicht mehr sichtbaren ultravioletten Strahlen Einzelheiten abzubilden, welche selbst der aufmerksamsten mikroskopisch-ocularen Beobachtung zu entgehen pflegen. So hat Geh. Rath Koch zuerst die Geisselfäden gewisser Mikroorganismen mit Hülfe der Mikrophotographie gezeigt; auf gleiche Weise ist es van Heurck zuerst gelungen, die Querstreifen der Amphipleura pell. in Perlen aufzulösen.

Blatt IX zeigt eine von mir gemachte Aufnahme der Querstreifen dieses letztgenannten Testobjectes, welche auf dem nächsten Blatt durch entsprechende Modification der Beleuchtung in Perlen gelöst erscheinen. Auf diesen Blättern ist ausser den Objectiven, mit welchen die Aufnahmen gemacht sind, kurz angegeben, welche Beleuchtungsmethode dabei zur Verwendung gekommen ist. Ich habe dazu das Sonnenlicht direct benutzt, da, wie ich bereits früher ausgesprochen habe, meine Erfahrung mich gelehrt hat, dass für starke Systeme und hohe Vergrösserungen gute Resultate am leichtesten mittelst der stärksten verfügbaren Lichtquelle erreicht werden. Für die Projection des Sonnenbildchens in die Objectebene diente hier das gewöhnliche Condensorsystem von 1.40 num. Apert. mit einer der demselben beigegebenen halbmondförmigen Blenden, welche nur dem die äusserste Randzone des Condensors treffenden Theil des einfallenden Strahlenbündels den Eintritt in das Condensorsystem gestattet. *Selbstverständlich war das letztere durch einen Tropfen Cedernholzöl mit dem Objectträger verbunden.*

Das Condensorsystem von 1.40 num. Apert. hat für diese Aufnahmen den Vorzug vor dem achromatischen Condensor, weil der letztere nur 1.0 num. Apert. zur Verwendung bietet, den Oeffnungswinkel der Oelimmersionssysteme also nicht völlig ausnutzt, und weil bei der Benutzung nur eines kleinen Theiles der Randzone die sphärische Aberration des gewöhnlichen Condensors nicht in dem Maasse störend auftritt wie bei der Beleuchtung mit breiteren Strahlenkegeln.

Bei Benutzung anderer Lichtquellen wird man analog verfahren müssen, nur hat man sich zu vergegenwärtigen, dass schwächere Lichtquellen bei schiefem Einfall eines verhältnissmässig engen Strahlenbüschels für Erzielung stark vergrösserter Bilder ganz ausserordentlich lange Expositionen nöthig machen. So hat u. A. Herr Dr. Neuhauss vorzügliche Aufnahmen von Amphipleura pell. mittelst Lampenlicht erzielt, indem er die Exposition auf mehrere Stunden ausdehnte.

Zur Veranschaulichung des Arrangements für die soeben beschriebenen verschiedenen Beleuchtungsmethoden dienen die umstehend **folgenden Schemata:**



B. Die Projection des Bildes.

I. Bedeutung und Zweck des Projectionsoculars.

Das älteste Verfahren zur photographischen Aufnahme mikroskopischer Bilder bestand in directer Projection des Objectiv-Bildes auf die photographische Platte, die je nach der gewünschten Vergrösserung in kürzeren oder längeren Abstand vom Objectiv gebracht wurde.

Mit den wachsenden Anforderungen an die Schärfe der Bilder und mit der fortschreitenden Vervollkommnung der Objective musste aber der principielle Mangel, der dieser an sich einfachsten Methode anhaftet, mehr und mehr hervortreten. Er besteht darin, dass bei diesem Verfahren die Objective, weil der erforderliche Plattenabstand fast stets viel grösser ist als die Länge des Mikroskoptubus bei der Ocular-Beobachtung, mit einem ganz anderen Strahlengang wirksam werden, als derjenige

ist, für welchen sie sphärisch und chromatisch corrigirt sind. Daraus entspringt unvermeidlicher Weise, wenigstens bei Objectiven von beträchtlicher Apertur, eine bedeutende Verschlechterung der Bilder, welche bei Benutzung einer Correctionsfassung zwar vermindert, aber keineswegs vollkommen ausgeglichen werden kann. Ausserdem hat das genannte Verfahren noch den praktischen Nachtheil, dass einigermaassen beträchtliche Vergrösserungsziffern — z. B. 1000 und mehr — entweder Objective von sehr kurzer Brennweite oder unbequem lange Plattenabstände erforderlich machen.

Beide Uebelstände sind zuerst mit Erfolg beseitigt worden durch Anwendung einer sphärisch und chromatisch corrigirten Concavlinse (Amplifier) hinter dem Objectiv. Wenn eine solche in dem richtigen Abstand vom Objectiv angebracht wird, lässt sie für das auf beliebigen Abstand projicirte Bild denselben Strahlengang im Objectiv und damit denselben Correctionszustand ungeändert fortbestehen, der für die Ocularbeobachtung mit der normalen Tubuslänge besteht. Ausserdem bringt eine solche Concavlinse bei angemessener Brennweite das Bild auf 2—3mal stärkere Vergrösserung, als das Objectiv allein bei dem gleichen Plattenabstand gewähren würde.

Dieses Verfahren ist, wie es scheint, zuerst von Woodward in rationeller Weise und mit entschiedenem Erfolg benutzt worden. Es ist zweifellos zweckmässig und leistungsfähig, jedoch nicht ganz einfach in der Anwendung (wenn nämlich wirklich die beste Correction des Objectivs gesichert werden soll) und unbequem schon deshalb, weil die Concavlinse tief in den Mikroskoptubus eingeführt werden muss.

Die vielfach versuchte Projection des Bildes mittelst der gewöhnlichen Oculare am Ende des Mikroskoptubus vermeidet zwar ebenfalls beide zuvor erwähnten Mängel der directen Projection der Objectivbilder; sie hat jedoch stets unbefriedigende Resultate ergeben, weil solche Oculare — die achromatischen und aplanatischen nicht ausgenommen — bei derartigem Gebrauch fast immer beträchtliche Fehler sphärischer oder chromatischer Art einführen, welche die Präcision des schliesslichen Bildes beeinträchtigen.

Endlich ist noch zu erwähnen das Verfahren von van Heurck, welches auf die älteste Methode der unvermittelten Projection durch das Objectiv allein wieder zurückgreift. Dabei wird jedoch die photographische Platte in demselben Abstand vom Objectiv angebracht, in welchem dieses das Bild bei der gewöhnlichen Ocularbeobachtung entwirft, um das Fortbestehen der richtigen Correction gesichert zu haben. Das so erhaltene naturgemäss sehr kleine Negativ wird dann durch ein photographisches Objectiv von längerer Brennweite nochmals vergrössert. Wie die von van Heurck erhaltenen Photogramme zeigen, kann auch diese Methode, die in der Verkürzung der Expositionsdauer der ersten Aufnahme in gewissen Fällen einen besondern Vorzug hat, zu guten Ergebnissen führen. Sie wird aber wegen des kleinen Maassstabes der ersten Aufnahme wohl ziemlich schwierig anzuwenden und wegen der erforderlichen Nachvergrösserung immerhin auch etwas umständlich sein.

Ich habe meinerseits — wenigstens für alle Aufnahmen unter stärkerer Vergrösserung — ausschliesslich das neue Verfahren in Anwendung gebracht, welches die nach Abbe's Plan in hiesiger Werkstätte construirten „Projections-Oculare" ermöglichen. Die Leistungsfähigkeit derselben dürfte durch die beifolgenden Copien von Original-Aufnahmen genügend erwiesen sein; nach meiner persönlichen Erfahrung aber glaube ich sagen zu können, dass dieses Verfahren auch hinsichtlich der Sicherheit und Leichtigkeit der Ausführung, wenigstens mit den hier beschriebenen instrumentellen Einrichtungen, nichts zu wünschen übrig lässt.

Das Wesentliche dieser Methode besteht darin, dass man — wie beim richtigen Gebrauch des Amplifiers und wie bei dem van Heurck'schen Verfahren — das vom Objectiv selbst erzeugte Bild genau in demselben Abstand entstehen lässt, in welchem es bei der gewöhnlichen Ocularbeobachtung zu Stande kommt, dieses Luftbild aber mittelst eines besonderen Linsensystems, welches für derartige photographische Abbildungen speciell corrigirt ist, vergrössert auf die empfindliche Platte projicirt. Diesem Linsensystem ist äusserlich die Form eines Oculars gegeben, um es ganz wie ein solches durch Einschieben in den Tubus mit dem Objectiv verbinden zu können. Nach der Lage des Augenpunktes (d. h. des Kreuzungspunktes der hindurchtretenden Strahlen) und nach der Art der Correctionen ist es jedoch von eigentlichen Ocularen durchaus verschieden. Es ist in Wirklichkeit ein mit einer Collectivlinse verbundenes Objectiv von 60 Mm, resp. 30 Mm Brennweite, welches nach Art der Photographen-Objective von grösseren Dimensionen sphärisch und chromatisch corrigirt ist. Dasselbe hebt in dem projicirten Bild ausserdem noch, wie die Compensations-Oculare bei der Ocular-Beobachtung, die Vergrösserungsdifferenz der verschiedenen Farben auf, welche die stärkeren Mikroskop-Objective in dem directen Bild uncorrigirt bestehen lassen.

Die Brennweite dieser Projectionssysteme ist so gewählt, dass sie mit dem continentalen Tubus (von 160 Mm Rohrlänge) die Vergrösserungswirkung auf das 2fache bezügl. das 4fache von der directen Vergrösserung des Objectivs bei gleichem Plattenabstand steigern — mit dem englischen Tubus (250 Mm Rohrlänge) aber auf das 3fache bezügl. 6fache. Sie gestatten also auch mit den Apochromat-Objectiven von relativ langer Brennweite sehr stark vergrösserte Bilder, ohne dass man auf allzu grosse Plattenabstände geführt würde.

II. Anwendung des Projections-Oculars.

Nach Einstellung des Präparates mit dem Compensations-Ocular wird dieses Projections-Ocular an Stelle des ersteren eingeschoben und die auf Eisenschienen laufende Camera an das Mikroskop herangerollt; die lichtdichte Verbindung wird auf die bereits früher von mir angegebene Weise (Kapselverschluss s. Abbildung S. 7) bewirkt, nachdem das Projections-Ocular auf die Entfernung der Bild-

ebene adjustirt ist, was dadurch geschieht, dass man die vordere Linse desselben durch Heraus- oder Hereindrehen so einstellt, dass sie die im Ocular befindliche Blendung scharf auf der matten Scheibe abbildet. Ist das Objectiv vorher mittelst eines gewöhnlichen Compensations-Oculars scharf eingestellt worden, so erscheint das Bild nach Einstecken des richtig adjustirten Projections-Oculars nahezu scharf auf der Platte, so dass nur noch die feine Einstellung mittelst Mikrometerschraube nöthig ist. Diese führe ich von der Platte aus mittelst eines an- und absteckbaren Hooke'schen Schlüssels (wie bei astronomischen Instrumenten) aus, dessen Drehungen sich auf die gewöhnliche — von Prof. Fritsch empfohlene — Art mittelst Zahnrad auf die ebenfalls mit gezahntem Rande versehene Mikrometerschraube übertragen. Der Holzschlüssel wird durch eine Stuhllehne oder dergl. horizontal gehalten und (ebenfalls einem Winke Prof. Fritsch's zu Folge) vor jeder Berührung mit der Camera geschützt, welche ja auch nach Verbindung mit dem Mikroskop von jeder Berührung mit demselben ausgeschlossen ist, so dass die nun folgenden Manipulationen an der Camera ohne die leiseste Erschütterung des Stativs vor sich gehen können. Nach sorgfältiger Prüfung einer ganzen Reihe von anderen theilweise selbstgefertigten Constructionen bin ich auf diese einfache, aber vollkommen zweckentsprechende Methode zurückgekommen und habe den grössten Theil meiner Aufnahmen mit derselben ausgeführt.

Die Controle der feinen Einstellung erfolgt auf die gewöhnliche Art mittelst einer Stelllupe, welche auf die dem Mikroskop zugekehrte Seite der Einstellplatte focussirt ist; letztere besteht aus durchsichtiger Spiegelglasplatte, welche auf der Mikroskopseite ein Diamantstrich-Kreuz trägt. Die matte Scheibe wird nur zur oberflächlichen Controle des Bildes benutzt.

Ist genug Licht vorhanden, so ist auch die von Nachet empfohlene Methode, nach welcher das Bild direct auf der eingesetzten und mit weissem Papier überzogenen Cassette betrachtet wird, zu empfehlen. Dieselbe lässt sich besonders bei schwächeren Vergrösserungen mit ausserordentlich gutem Erfolge verwenden, da das auf weisses Papier entworfene Bild, wenn es nur hell genug ist, sich sehr deutlich vom übrigen Gesichtsfeld abhebt, und so jedenfalls eine bessere Beurtheilung gestattet als auf der matten Scheibe. Die den Apparaten beigegebenen Cassetten sind deshalb auf der Mikroskopseite mit weissem Papier überzogen und der Camerabalg so eingerichtet, dass er sich an dem Cassettenende öffnen lässt und einen Blick auf die Papierfläche gestattet.

Wie bei der Beobachtung des Objectes mittelst des Compensations-Oculares ist nun bei der feinen Einstellung des Bildes dieses einer scharfen Kritik zu unterwerfen in Hinsicht auf:

1. Die qualitativen Eigenschaften des Bildes.

Bezüglich der Qualität des Bildes zeigt sich hier, ob die Regulirung der Beleuchtung, namentlich auch des Beleuchtungskegels zuvor correct ausgeführt war, indem bei zu grossem Beleuchtungskegel nur ein allzu kleiner Theil des Bildes brauchbar ist, bei zu kleinem dagegen sich das Bild in seinen Details verwaschen zeigt und seine Umrisse mit Diffractionssäumen umgeben erscheinen. Auch Fehler der Deckglascorrection und Tubuslänge zeigen sich im Bilde, welches im Allgemeinen die mittelst Compensations-Ocularen beobachteten Erscheinungen möglichst genau wiedergeben muss. Endlich ist darauf zu achten, dass das Bild frei von Reflexen ist. Reflexe zeigen sich auf der Platte als mehr oder weniger helle Ringe oder Streifen und machen bekanntlich dem Photographen viel Noth, indem sie von der Platte mit leider allzu grosser Gewissenhaftigkeit wiedergegeben werden und das Bild mehr oder weniger verunstalten. Ihre Vermeidung ist daher eine Hauptaufgabe des Constructeurs photographischer Apparate und Linsen, auf welche selbstredend auch bei der Construction meines Apparates sorgfältig Rücksicht genommen wurde. Im rein optischen Theil desselben wurde dieselbe insofern glücklich gelöst, als das Projections-Ocular zugleich den Zweck erfüllt, alle in den Objectivfassungen oder an den Tubuswänden entstehenden Reflexe aufzufangen und unschädlich zu machen. Ausserdem ist der Tubus des mikrophotographischen Stativs theilweise aus diesem Grunde von aussergewöhnlich grossem Durchmesser.

2. Die quantitativen Eigenschaften des Bildes.

a) **Die Vergrösserung,** welche eine Linsencombination auf eine bestimmte Bilddistanz giebt, wird bekanntlich genau festgestellt, indem man mit derselben das Bild eines Objectivmikrometers in der betreffenden Bilddistanz auf der Platte entwirft und dieses mit einem Maassstab misst. Die Zahl, welche angiebt, wie viel Mal das Bild eines Intervalles des Objectivmikrometers grösser ist als das Intervall selbst, ist die gesuchte Vergrösserungsziffer. Finden wir z. B., dass 10 Intervalle des in $\frac{1}{100}$ Mm getheilten Objectiv-Mikrometers auf dem Bilde 30 Mm lang sind, so ist die Vergrösserung 300:

$$\frac{10}{100} : 30, \ = 1 : 300.$$

Zu diesem Mittel, die Vergrösserung eines Bildes festzustellen, braucht man indessen bei Anwendung der Apochromate und Projections-Oculare nur zu greifen, wenn es sich um grosse Genauigkeit handelt. Eine sehr annähernde Bestimmung der Vergrösserung erhält man, „indem man den Bildabstand (vom Projections-Ocular), in Mm ausgedrückt, dividirt durch die Brennweite (Benennung) des Objectivs und die er-

haltene Zahl multiplicirt mit der Nummer des angewandten Projections-Oculars.“ (S. Katalog der Firma Zeiss über Apochromate.) Wir kommen demnach z. B. zu einer 300fachen Vergrösserung, indem wir ein Bild mittelst des Apochromat 4.0 Mm und des Projections-Oculars 2 auf eine Entfernung von 600 Mm entwerfen, denn

$$\frac{600}{4.0} \times 2 = 300.$$

Diese Regel rechtfertigt sich durch folgende Ueberlegungen:

Wenn ein beliebiges Linsensystem, dessen Brennweite f Mm ist, ein Bild entwirft, welches d Mm vom hinteren (d. h. der Bildseite zugewandten) Brennpunkt des Linsensystems entfernt liegt, so ist die lineare Vergrösserung dieses Bildes stets $= \frac{d}{f}$. (Dieses ist die weitaus einfachste und streng richtige Regel zur Bestimmung der Bildvergrösserung. Die anderen Formeln, die man für diesen Zweck meist angeführt findet, sind in der Anwendung viel complicirter, wenn sie streng sein und nicht unter Umständen wesentlich unrichtige Resultate ergeben sollen.) Hiernach würde z. B. das Apochromat 4.0 Mm, wenn es für sich allein zur directen Projection des Bildes benutzt werden sollte, der Reihe nach die Vergrösserungen 1 (d. h. Bild gleich dem Object) . . 10 . . 100 . . . 1000 liefern, je nachdem die das Bild auffangende Fläche auf den Abstand 4 Mm . . . 40 Mm . . . 400 Mm . . . 4000 Mm vom hinteren Brennpunkt des Objectivs entfernt wird — wobei zu bemerken, dass in diesem Falle der in Betracht kommende hintere Brennpunkt sehr nahe an der letzten Linsenfläche des Objectivs gelegen ist, die Bildabstände also praktisch von der hintersten Linsenfläche aus gemessen werden dürften.

Wenn nun aber dieses Objectiv mit einem Projections-Ocular verbunden wird, so führt dieses zweierlei Veränderungen herbei. Erstens bewirkt das Hinzutreten des Ocularsystems zum Objectiv, dass der hintere, der Bildseite zugehörige Brennpunkt des nunmehr wirksamen Gesammtsystems nicht mehr direct am Objectiv verbleibt, sondern in die Nähe der letzten Ocularlinse rückt. Bei den Projections-Ocularen liegt derselbe fast genau in der Oeffnung des Oculardeckels über der Projectionslinse. Für die richtige Bestimmung der Bildvergrösserung, welche die jetzt wirksame Linsencombination bei irgend einem Abstand der Bildebene ergiebt, ist daher dieser Abstand jetzt vom Oculardeckel ab zu messen. Zweitens wird durch das Hinzutreten des Projections-Oculars (wie auch durch das Hinzufügen eines beliebigen anderen Oculars geschehen würde) das System von 4 Mm verwandelt in ein Gesammtsystem, dessen Aequivalent-Brennweite ein gewisser Bruchtheil von der Objectiv-Brennweite ist, — $\frac{1}{2}$ . . oder $\frac{1}{4}$ . . etc., je nach der Brennweite des hinzugefügten Ocularsystems und nach seinem Abstand vom Objectiv, d. h. der Tubuslänge. Allgemein: aus einem Objectiv von der Brennweite f Mm entsteht ein Gesammtsystem von der Brennweite $\frac{f}{\nu}$, wenn ν die betreffende Ziffer der

Ocularwirkung — 2 . ., . . 4 etc. — bedeutet. Diese Ziffer aber ist in der Reihe der neuen (Compensations-) Oculare, einschliesslich der Projectionsoculare, durch die Bezeichnung eines jeden Oculars selbst unmittelbar gegeben. Denn ein Ocular dieser Reihe ist als Ocular 2 . . 4 . . . ν bezeichnet, wenn es mit der normalen Tubuslänge (160 Mm bei den Stativen continentalen Modells) die Brennweite der Combination auf den 2ten . . 4ten . . . νten Theil von der Brennweite des Objectivs reducirt. Es ergiebt also z. B. das Ocular 2 in Verbindung mit dem obigen Objectiv 4 Mm ein Gesammtsystem von der Brennweite $\frac{1}{2}$. 4 Mm = 2 Mm, und ebenso das Ocular 4 in Verbindung mit einem Objectiv 2 Mm ein Gesammtsystem von der Brennweite $\frac{1}{4} \cdot 2$ Mm = 0.5 Mm.

Aus diesen beiden Ueberlegungen folgt, dass die oben angeführte allgemeine Regel zur Bestimmung der Bildvergrösserung

$$N = \frac{d}{f}$$

im Falle des Gebrauchs eines Projectionsoculars zum Entwerfen des Bildes in der Art in Anwendung zu bringen ist, dass man 1) den Abstand der Bildebene vom Ocular ab rechnet, und 2) als Divisor f nunmehr den Quotienten aus der Brennweite des angewandten Objectivs durch die Ziffer des benutzten Projectionsoculars einführt. Das Letztere aber besagt, dass man den Abstand d der Bildebene vom Ocular erst durch die Brennweite des Objectivs zu dividiren und das Ergebniss nachher wieder mit der Ziffer des Oculars zu multipliciren hat (oder auch umgekehrt).

b) **Der Durchmesser des Bildes** auf der Platte hängt bei gegebener Bilddistanz von dem Durchmesser der innerhalb des Projections-Oculars befindlichen Blendung ab, wie dies ja auch bei dem gewöhnlichen mittelst Ocular zu beobachtenden mikroskopischen Bilde der Fall ist. Die Verkleinerung dieser Blendungsöffnung hat also nichts zu thun mit der Qualität des Bildes, kann aber aus ästhetischen Rücksichten in Frage kommen, wenn man ein Bild von bestimmter Vergrösserung auf kleiner Platte ebenfalls mit dem scharfen kreisrunden Rande herstellen will, welchen das Projections-Ocular auf einer grösseren Platte liefert. In diesem Falle hätte man auf die im Innern des Projections-Oculars befindliche Blendung eine Messingscheibe mit entsprechend engerer kreisrunder Oeffnung aufzukitten (mit Wachs). Es wird indessen von einer Beigabe solcher kleinerer Blendungen abgesehen, da man denselben Effect erreicht, indem man vor die Cassette eine Blechtafel mit kreisrunder Oeffnung von dem für das Bild gewünschten Durchmesser einschaltet. Von letzteren wird dem Apparat eine ausreichende Anzahl nebst dem zu ihrer Application nöthigen Holzrahmen beigegeben.

Die soeben erwähnte Blendungsfrage ist nicht zu verwechseln mit der in dem Katalog der Firma bei Beschreibung der Projections-Oculare erwähnten und als „Oculardeckel" auf der oberen Linse desselben angebrachten Blendung, deren Verengerung den Oeffnungswinkel reducirt und daher auf die Qualität des Bildes Einfluss hat.

C. Das Festhalten des projicirten Bildes durch Photographie.

I. Die photographischen Platten.

Während alle bisher beschriebenen Manipulationen der Erzeugung eines möglichst tadellosen Bildes auf der Platte galten, haben die nun vorzunehmenden Arbeiten den Zweck, dieses Bild möglichst getreu zu copiren und ihm eine dauernde Existenz zu geben. Bekanntlich ist dies nur mittelst des photographischen Processes zu erreichen, dessen Eigenart aber unserer Aufgabe schon insofern eine unübersteigliche Grenze setzt, als sie nicht ermöglicht, die natürlichen Farben des Bildes wiederzugeben, sondern nur im Stande ist, dieselben durch Hell und Dunkel in unendlich vielen Abstufungen anzudeuten. Selbst mit dieser Einschränkung zeigte bis vor Kurzem das photographische Verfahren Mängel, welche seine Anwendung für die Wiedergabe farbiger mikroskopischer Bilder erschwerten und welche bewirkten, dass es fast nur zur Abbildung von ungefärbten Testobjecten benutzt wurde. Diese Mängel bestanden in der überwiegenden Empfindlichkeit der photographischen Platte für dunkelblaue und violette Strahlen, welche die für unser Auge als hell empfundenen grün-orangefarbigen Strahlen auf dem Bilde als Schatten und die für uns dunkeln „blau-violetten" Strahlen als hell wiedergab. Erst die bekannte Erfindung Prof. Vogel's beseitigte diesen Uebelstand insoweit, als sie ermöglichte, der photographischen Platte eine grössere Empfindlichkeit für den hellen Theil des Spectrums (hellblau-orange) zu geben und dadurch die Lichtperception derselben derjenigen unserer Netzhaut ähnlicher zu gestalten. Die so verbesserten photographischen Platten (deren Bezeichnung als „orthochromatische" allerdings nicht ganz wörtlich aufgefasst werden darf) werden neuerdings von vielen Trockenplattenfabriken, besonders aber von Otto Perutz in München, in vortrefflicher Weise hergestellt und werden zweifellos früher oder später die älteren, nur blau-violett empfindlichen Platten gänzlich verdrängen, da sie farbige Bilder in nahezu correcter Nüancirung wiedergeben, besonders wenn bei ihrem Gebrauch die Wirkung der blau-violetten Strahlen durch Einschaltung einer gelben Platte oder Flüssigkeit noch etwas reducirt wird. Für die Mikrophotographie wurden sie zuerst von Prof. van Ermenghem benutzt und bilden für dieselbe jetzt ein unentbehrliches Requisit in allen Fällen, wo die möglichst correcte Wiedergabe farbiger mikroskopischer Bilder in Frage kommt.

Durch die vorangehenden Bemerkungen ist bereits gekennzeichnet, durch welche Rücksichten die Wahl der Plattenart für die Abbildung eines Präparates bestimmt wird. Haben wir es mit einem Object zu thun, dessen charakteristische Merkmale nur in Schatten und Licht in beliebigen Abstufungen bestehen — wie bei den Diatomeen und den meisten anderen Testobjecten — so benutzen wir die Platten

gewöhnlicher Art (eventuell auch das sog. nasse Verfahren, wenn wir dieses durch die Trockenplatten noch nicht für vollständig verdrängt ansehen). Haben wir dagegen tingirte Objecte oder solche, deren natürliche Farben — wie bei allen mit Chitinpanzern ausgerüsteten Insecten — die inneren Details bereits für unser Auge abschwächen, so greifen wir zu den orthochromatischen Platten.

Das Richtigste dürfte indessen für den geübten Mikrophotographen sein, wenn er nur die orthochromatischen Platten auf Lager hält und der etwas grösseren Schwierigkeit ihrer Behandlung ungeachtet diese auch für die Bilder ersterer Art verwendet. Als Entgelt für die etwas grössere Mühe, welche die Behandlung derselben verlangt, hat er dann den Vortheil, stets frische Platten verwenden zu können, was nicht zu unterschätzen ist, wenn man in Betracht zieht, dass die Trockenplatten bis jetzt leider noch nicht auf länger als einige Monate haltbar hergestellt werden können.

Auch für die Wahl der Plattengrösse gilt aus dem gleichen Grunde der Rath, nur bei einer oder möglichst wenigen bestimmten Nummern zu bleiben!

1. Die Belichtung der Platte.

Auch diese Manipulation hat **qualitative und quantitative Momente zu berücksichtigen,** indem es sich nach den bei Erwähnung der orthochromatischen Platten gegebenen Andeutungen zuerst darum handelt, ob mit weissem oder gefärbtem Lichte photographirt werden muss, und die Bestimmung der Expositionszeit erst in zweiter Linie in Betracht kommt und theilweise von dem Ausfall der ersteren Ueberlegung abhängt.

Die erstere Frage anlangend, so kann man bei dem ausschliesslichen Gebrauch der Apochromate, welche die Correction der Focusdifferenz durch Lichtfilter nicht nöthig haben, sowohl bei Anwendung der gewöhnlichen als der orthochromatischen Trockenplatten (wenigstens der neuerdings von Perutz in München angefertigten) gewöhnlich mit weissem (ungefiltertem) Licht vollkommen tadellose Resultate erreichen. Für subtilere Aufnahmen wird man indessen gut thun, monochromatisches Licht zu verwenden, indem man bei gewöhnlichen Trockenplatten eine mit Kupferoxyd-Ammoniak blau gefärbte Lösung und bei orthochromatischen Platten eine durch Pikrinsäure gelb gefärbte Flüssigkeit in einer mit planen Spiegelglaswänden ausgestatteten kleinen Cüvette vor dem Condensorsystem anbringt. Durch erstere Lösung erreicht man, dass das zur Beleuchtung des Objectes benutzte Licht nur die blau-violetten Strahlen enthält, deren Einwirkung auf die photographische Platte man gerade wünscht, während durch die Pikrinsäurelösung eben diese Strahlen von der Mitwirkung bei der Bilderzeugung ausgeschlossen werden, wie es der Zweck der orthochromatischen Platten erheischt. In beiden Fällen erreicht man also für die feine Einstellung und Beurtheilung des Bildes

die Ausschliessung derjenigen Strahlen, deren Mitwirkung man bei der Belichtung der Platte ohnedies nicht wünscht, was für das Zustandekommen eines guten Bildes nur förderlich sein kann.

Es ist leicht erklärlich, dass sich die **Belichtungsdauer,** welche im Allgemeinen von der Empfindlichkeit der Platten und der absoluten Helligkeit des entworfenen Bildes abhängt (welche letztere wiederum aus den folgenden Factoren resultirt: Lichtquelle, Apertur des Beleuchtungskegels, Apertur des Objectiv-Systems, Vergrösserung des Bildes) und zum Ueberfluss auch noch von der Art der Lichtfiltration beeinflusst wird, bei Mitwirkung so vieler unbekannter Grössen für die Praxis nicht rechnerisch feststellen lässt. Bekanntlich ist eine ziemlich grosse Anzahl von Intensitätsmessern angefertigt worden, welche den Zweck haben, die genaue Belichtungszeit für ein bestimmtes Bild festzustellen; ich selbst habe keines dieser Instrumente erprobt, weil ich gefunden habe, dass für meine Zwecke die Anfertigung einer Belichtungsscala (wie Blatt IV), d. h. einer auf ein und derselben Platte vereinigten Reihe von streifenförmigen Bildern von progressiv vermehrter Expositionszeit, völlig zur Bestimmung der richtigen Belichtungsdauer genügt. Diese Aufnahmen werden höchst einfach mit einer extra zu diesem Zwecke angefertigten Cassette gemacht, welche in Schienen laufend ermöglicht, die photographische Platte vor einem schmalen, für die Beurtheilung des Bildes aber ausreichend breiten Spalt vorüberzubewegen, welcher letztere stets nur denselben kleinen Theil des Bildes auf die erstere zur Wirkung gelangen lässt. Bei der Entwickelung der Platte sieht man nach einiger Uebung leicht, welcher Bildstreifen der am besten geglückte ist, und weiss demnach, welche Expositionsdauer für ein gleich gutes ganzes Bild zu wählen ist.

2. Die chemische Behandlung der Platten.

Wie ich bereits früher bemerkt habe, ist es nicht meine Absicht, den rein chemisch-technischen Theil der Mikrophotographie ausführlich zu behandeln; für das theoretische Studium desselben bieten die in stattlicher Anzahl vorhandenen einschlägigen Werke ausreichende Belehrung, während die Erwerbung der nöthigen praktischen Kenntnisse am einfachsten unter der Leitung eines Fachphotographen geschieht. Auch werden von den meisten Plattenlieferanten die speciell für die Behandlung ihrer Producte zu befolgenden Maassregeln mitgetheilt. Ich beschränke mich daher auf eine kurze Mittheilung meiner Erfahrung bezüglich derjenigen Punkte, in welchen der zu Rathe gezogene Fachphotograph gewöhnlich keine Auskunft weiss und in welchen dessen Verfahren von dem für unseren Zweck nöthigen abzuweichen pflegt.

Der Anfänger wird gut thun, die ersten photographischen Versuche unter Leitung eines Fachphotographen mittelst einer gewöhnlichen

Camera zu machen, indem er Aufnahmen eines beliebigen, im Zimmer befindlichen Gegenstandes ausführt. Indem er bei diesen die rein optischen Momente ohne Weiteres gegeben findet, erhält er die beste Gelegenheit, sein Augenmerk nur auf den chemischen Theil der Arbeit zu richten und sich einzuprägen: 1) wie ein gut gelungenes Negativ während und nach der Entwickelung und Fixirung aussehen muss, 2) welche charakteristischen Eigenthümlichkeiten ein schlecht ausgefallenes Negativ hat, und worin im einzelnen Falle der Grund des Misserfolges liegt. Während er sich bei Betrachtung eines regelrechten Negativs überzeugt, dass auf diesem die grellsten Lichter des Objectes durch tiefes undurchsichtiges Schwarz, die tiefsten Schatten dagegen völlig wasserhell ausgedrückt sind, während die Mitteltöne weiche harmonische Uebergänge von jeder Schattirung bilden, zeigt ihm im anderen Falle die Praxis, dass fehlerhafte Negative einerseits sowohl durch Ueberexposition und zu kurze Entwickelung, als auch durch Unterexposition und zu lange Entwickelung (die gewöhnlichen Fälle) und anderseits durch Uebertreibung nach beiden Richtungen zugleich (Ueberexposition und zu lange Entwickelung, Unterexposition und zu kurze Entwickelung) entstehen können, und welche Mittel in jedem Falle zur Verbesserung des erhaltenen Negativs (Verstärkung oder Abschwächung) indicirt sind. Die Verfolgung des Copirungsprocesses giebt dem Anfänger das beste Mittel, den Werth seiner Negative zu beurtheilen; es ist daher anzurathen, das Copiren der erhaltenen Negative im Anfang selbst vorzunehmen. Hat man erst ein competentes Urtheil über den Werth eines Negativs erlangt, was unter den oben vorausgesetzten Umständen keine schwere Aufgabe ist, so überlässt man selbstverständlich die weitere Herstellung der Copien dem Photographen.

Erst von diesem Augenblicke an darf man von der Vornahme mikrophotographischer Aufnahmen Erfolge erwarten und wird nun wenigstens in Bezug auf gegenwärtige Frage leichtere Arbeit finden, indem man sofort entscheiden kann, ob ein erhaltenes Negativ gelungen ist oder nicht. Im letzteren Falle fangen diejenigen **besonderen Schwierigkeiten** an, über welche uns der Fachphotograph nicht hinweghelfen kann, und welche zu überwindem demnach dem Mikrophotographen allein überlassen ist. Dieselben machen sich in Folgendem geltend:

a) Unabhängig von der Art der Platten.

Bei anscheinend vollkommen correcter Exposition und Entwickelung kann es vorkommen, dass die Platte trotzdem kein gesundes Aussehen zeigt, sondern dass auch die Schatten des Bildes — welche auf dem Negativ völlig durchsichtig und wasserhell erscheinen müssen — grau überdeckt erscheinen, so dass die Copie ein mattes, zwar alle Details, aber keine Contraste enthaltendes Bild giebt. Der Grund dieser Erscheinung, welche die Qual jedes Anfängers zu sein und gewöhnlich Veranlassung zu verzweifelten Experimenten mit verschiedenen Entwickelungsflüssigkeiten

zu geben pflegt, liegt einfach in der Beleuchtung des Objectes; wenn diese nämlich nicht genau nach den früher gegebenen Regeln ausgeführt wird, so geschieht es leicht, dass ausser den zur Bilderzeugung nöthigen Lichtstrahlen dem Object noch solche zugeführt werden, welche die Schatten des Bildes gleichsam überdecken und so auf der photographischen Platte den Ausdruck derselben verwischen. Eine Abhülfe des Uebelstandes hat demnach durch eine nochmalige Controle der Beleuchtung zu geschehen, wobei besonders auf Ausschluss aller nicht zur Bilderzeugung nöthigen Lichtstrahlen — also besonders auf Reduction der Grösse der Lichtquelle auf das kleinste für den Zweck ausreichende Maass — zu achten ist. Die Entwickelung des Bildes giebt also gewissermaassen die Probe ab für die correcte Ausführung der Bilderzeugung und zeigt, dass die photographische Platte für Fehler in der letzteren empfindlicher ist als die Netzhaut.

Die soeben beschriebene Erscheinung ist nicht zu verwechseln mit dem Beschlagen der Platten, welches das Aussehen des Bildes in ähnlicher Weise stört, aber über der ganzen Fläche der Platte auch auf den Theilen sichtbar ist, welche überhaupt nicht dem Lichte ausgesetzt gewesen sind. Bekanntlich hat dieser Uebelstand seinen Grund entweder in mangelhafter Qualität der Platten (zu lange aufbewahrt!) oder in Unreinlichkeiten des Entwicklers, der Cüvetten oder der Finger (Fixirnatron!), und ist demselben im einzelnen Falle leicht auf die Spur zu kommen.

b) Mit Bezug auf die Art der Platten.

Die besonderen Maassregeln, welche die **Behandlung der orthochromatischen Platten** nothwendig macht, werden vielfach von dem Fachphotographen nicht gehörig befolgt; die Folge davon ist, dass Misserfolge gewöhnlich den orthochromatischen Platten zur Last gelegt werden und diese darum bis jetzt unter den Photographen noch so wenig Benutzung gefunden haben, obwohl die Vorzüge, welche dieselben besonders auch für die Landschaftsaufnahmen bieten, einleuchtend genug sind. Misserfolge werden aber auch bei den orthochromatischen Platten leicht vermieden, wenn ihre besondere Eigenthümlichkeit berücksichtigt wird, welche sie von den gewöhnlichen Platten unterscheidet. Da diese ja bekanntlich darin besteht, dass dieselben, im Gegensatz zu den letzteren, noch für Strahlen empfindlich sind, welche die rothe Scheibe der Lampe in der Dunkelkammer durchlässt, so ist leicht ersichtlich, warum die von den Plattenfabrikanten gegebene Vorschrift: diese Platten wenigstens während der ersten Minuten möglichst im Dunkeln zu entwickeln, ihren guten Grund hat, und dass Misserfolge nur bei genauer Befolgung derselben ausbleiben.

Ich verfahre bei fast ausschliesslicher Benutzung der orthochromatischen Platten ohne nennenswerthe Plattenverluste in folgender Weise:

α) Entwickelung der Expositionsscala. Nach Mischung des Pyrogallus-Entwicklers, welchem selbstverständlich für die Entwickelung der Expositionsscala keine Verzögerungsflüssigkeit (Bromkali-Lösung) zugesetzt wird, drehe ich meine Lampe nahezu aus, nehme die Platte möglichst im Dunkeln aus der Cassette (wie auch das Einlegen in die letztere im Dunkeln geschah) und lege sie in die Cüvette, nachdem ich mich durch eine momentane Spiegelung des Lampenflämmchens auf der Platte überzeugt habe, dass die Gelatineseite derselben nach oben gewandt ist. Eine gleichzeitige Bewegung der Cüvette vertheilt den Entwickeler rasch über die ganze Platte; nach einiger Uebung gelingt dies stets, ohne dass man nöthig hat, die Platte daraufhin zu controliren, namentlich wenn man die Quantität des Entwicklers nicht zu spärlich bemisst. Nachdem ich mich überzeugt, dass der Entwickler die ganze Platte benetzt hat — was natürlich so rasch wie möglich zu geschehen hat — so drehe ich, die Cüvette in den Händen bewegend, der Lampe den Rücken zu, so dass die erstere sich völlig im Dunkeln befindet; gleichzeitig zähle ich an den Pendelschlägen einer Uhr (oder eines Metronoms) genau eine Minute ab, nach deren Verlauf ich die Platte einer momentanen Besichtigung bei etwas höher geschraubter Lampe unterwerfe. In diesem Stadium der Entwickelung muss bereits die ganze Scala in charakteristischer Abstufung der einzelnen Bilderstreifen auf der Platte erschienen sein. Hierauf sofortiges Niederschrauben der Lampe, Umdrehen und (unter fortwährendem Zählen der Pendelschläge) Bewegen der Cüvette bis zum Ablauf der zweiten Minute. Nach Ablauf von zwei Minuten hat sich die Azalin-Imprägnirung der Platte so weit gelöst, dass die letztere unempfindlicher gegen die rothen und gelben Strahlen geworden ist und ohne Schaden eine Besichtigung bei hellerem Licht der rothen Lampe, sowohl in der Durchsicht als auf der Rückseite, verträgt. In der Durchsicht zeigt sich nun, welcher Theil der Expositionsscala die für das betreffende Bild günstigste Exposition erhalten hat, d. h. bei welchem die Lichter bei noch vollkommen heller und deutlicher Zeichnung der Schatten sich auf dem Negativ am dunkelsten ausgeprägt haben. Auf der Rückseite der Platte wird sich zeigen, dass der bei der Durchsicht als bestexponirt erkannte Theil der Scala gerade in zarten Umrissen durchscheint, während die zu wenig exponirten Streifen noch nicht sichtbar sind. Es wird nun abermals im Schatten weiter entwickelt, bis die Lichter des bestexponirten Streifens die gehörige Kraft erlangt haben, d. h. auch helles Lampenlicht nicht mehr durchscheinen lassen, was nach Ablauf von 4—5 Minuten nach Beginn der Entwickelung der Fall ist. Hierauf wird die Platte in der gewöhnlichen Weise weiterbehandelt, d. h. gut abgespült und fixirt. Bekanntlich ist die richtige Beurtheilung des Zeitpunktes, wo die Entwickelung der Platte unterbrochen werden muss, das wichtigste und schwierigste Geschäft im ganzen Verfahren, und kann erst nach ausreichender Uebung hierin auf regelmässigen Erfolg gerechnet werden.

β) Entwickelung des definitiven Bildes. Bei der Entwickelung der Expositionsscala, welche ja nur Mittel zum Zweck ist, kommt es auf den völligen Lichtausschluss von der Platte nicht allzu genau an, da auch ein leichtes Beschlagen derselben für die Beurtheilung der richtigen Expositionszeit nicht sehr störend ist. Das Beschlagen des Negativs für das definitive Bild muss aber unter allen Umständen vermieden werden. Man entwickelt daher dieses am besten (ohne Besichtigung nach der ersten Minute) zwei Minuten lang völlig im Dunkeln (nach der oben beschriebenen Weise) und kürzt auch nachher die Besichtigung in der Durchsicht und auf der Rückseite so viel wie möglich ab — was leicht ausführbar ist, weil man sich von der richtigsten Expositionszeit durch die Expositionsscala informirt hat und daher bei der definitiven Platte des Erfolges von vornherein sicher ist. Daher ist auch in diesem Falle die Anwendung des Verzögerers nur dann zu empfehlen, wenn man die Silbercopie des Bildes möglichst contrastreich wünscht. Entschieden ist von demselben abzusehen, wenn das Negativ für die Vervielfältigung durch Lichtdruck bestimmt ist, weil dann darauf zu halten ist, dass es möglichst weich und zart ausfällt; dies wird erzielt, indem man die Platte bei der Belichtung eher etwas überexponirt und die Entwickelung etwas abkürzt. Für den letzteren Zweck ist daran zu erinnern, dass dem Lichtdrucker seine Arbeit wesentlich erleichtert wird und das Aussehen der erzielten Lichtdrucke nicht unerheblich besser ausfällt, wenn man anstatt der gewöhnlichen Platten die speciell für den Lichtdruck angefertigten „abziehbaren Trockenplatten“ anwendet. Leider werden dieselben bis jetzt noch nicht als „orthochromatische“ Platten hergestellt; bei dem wachsenden Bedarf sowohl an orthochromatischen als an abziehbaren Platten besteht aber gar kein Zweifel, dass binnen Kurzem auch „abziehbare orthochromatische Platten“ im Handel erscheinen werden.

Für die **Behandlung der abziehbaren Trockenplatten für den Lichtdruck** ist nur zu merken, dass der letztere nur dann gute Resultate giebt, wenn die zur Vervielfältigung durch denselben bestimmten Bilder auf den Negativen möglichst weich gehalten sind, was in der oben beschriebenen Weise erreicht wird. Während harte Negative, d. h. solche, bei denen sich auf der Silbercopie Licht und Schatten in grellem Gegensatz zeigen, unter Umständen für diese von ausgezeichneter Wirkung sind, ist es oft erstaunlich, wie schöne Bilder durch den Lichtdruck erzielt werden mittelst Negativen, von denen die Silbercopie nur flaue, matte Bilder zu erzeugen vermag. Wer daher eine Reihe von Aufnahmen für die Vervielfältigung durch Lichtdruck zu machen hat, thut wohl, sich für die Ausführung derselben zuvor genauere Winke von der Firma zu verschaffen, welcher er diese Arbeit anzuvertrauen gedenkt.

Die praktische Anwendung der Mikrophotographie.

In den obigen Auseinandersetzungen habe ich mich bemüht, in möglichst gedrängter Form die allgemeinen Regeln festzustellen, welche für die praktische Anwendung der Mikrophotographie zur Geltung kommen und zunächst nur eine Grundlage bilden sollen für specielle mikrophotographische Arbeiten. Leider treten dem Mikroskopiker, sowie er diese in Angriff nimmt, wieder neue Schwierigkeiten entgegen, welche nicht in dem mikrophotographischen Verfahren, sondern in der Eigenartigkeit der abzubildenden Objecte selbst liegen. Diesen Schwierigkeiten ist es zuzuschreiben, dass die Mikrophotographie — welche ja bekanntlich eigentlich die Mutter der Photographie ist, da die erste photographische Aufnahme von Davy mittelst eines Sonnenmikroskops hergestellt wurde — in ihrer Entwickelung und praktischen Verwendung so langsame Fortschritte aufzuweisen hat.

Eine eingehende Besprechung aller Fragen, auf welche die praktische Ausübung der Mikrophotographie stösst, würde über den engen Rahmen, welcher der vorliegenden Schrift nothwendigerweise gesetzt werden musste, hinausgehen; ich beschränke mich daher hier darauf, nur die hauptsächlichsten Punkte zu berücksichtigen, und hoffe, gelegentlich hierüber ausführlichere Mittheilungen machen zu können.

I. Die Aufnahme flüssiger Objecte.

Die Anordnung des mikrophotographischen Apparates in seiner bisher beschriebenen Form setzt voraus, dass die zur Aufnahme kommenden Objecte entweder selbst hart, oder wenigstens in einem Medium eingebettet sind, welches eine Bewegung

derselben, auch bei senkrechter Lage des Objectträgers, verhindert. Objecte, deren Zustand bei senkrechter Stellung des Objectträgers eine Bewegung nicht ausschliesst, müssen natürlich in horizontaler Lage photographirt werden. Man hat dies bekanntlich auf zweierlei Art möglich zu machen gesucht, nämlich:

1. durch senkrechte Stellung des Mikroskopes allein und Reflection des Bildes in die horizontale Camera mittelst eines rechtwinkeligen Prismas. Dieses Arrangement hat Nachtheile, welche seinen Nutzen höchst zweifelhaft machen. Einerseits muss die Einführung einer Reflection des Bildes zwischen Mikroskop und Platte wegen der zweifellos dadurch bewirkten Verschlechterung des Bildes (ganz abgesehen von dem durch dieselbe entstehenden Lichtverlust) als höchst bedenklich angesehen werden, anderseits entstehen bei jeder Bewegung des Tubus Bewegungen des Bildes, die jedes Arbeiten mit einer derartigen Einrichtung sehr stören.
2. Durch Aufrechtstellung des ganzen mikrophotographischen Apparates. Diese Einrichtung löst die Aufgabe schon auf rationellere Weise, hat aber den Nachtheil, dass man dann auch bei festen Objecten auf die weitaus bequemere Benutzung der Camera in horizontaler Lage verzichten muss.

Die von mir getroffene und auf Blatt XIV ersichtliche Einrichtung, wonach nur ein Theil der Camera senkrecht gestellt und vor der Aufnahme über das gleichfalls senkrecht auf einem der beigegebenen Schemel stehende Mikroskop herangeschoben und mit Leichtigkeit wieder von da entfernt werden kann, scheint mir dem Bedürfniss vollkommen zu genügen, besonders da bei den Aufnahmen flüssiger Objecte schon aus anderen Gründen die Erreichung von sehr starker Vergrösserung nicht in Betracht kommt.

II. Die Tiefe mikrophotographischer Bilder.

Bei der Aufnahme irgend eines makroskopischen Gegenstandes mittelst eines gewöhnlichen photographischen Objectivs wird jeder Anfänger bereits auf einen Uebelstand aufmerksam geworden sein, welcher bei Einstellung des Bildes mittelst der vollen Oeffnung des Objectivs bemerklich zu werden pflegt und darin besteht, dass das Bild den abzubildenden Gegenstand nur in einer Ebene scharf zeigt, während alles, was vor oder hinter dieser Ebene liegt, mehr oder weniger unscharf erscheint. Dieser Mangel an „Tiefe“ des Bildes wird bekanntlich beim gewöhnlichen photographischen Objectiv auf Kosten der Lichtstärke des Bildes durch Einsetzen von Blendungen vermindert, deren Durchmesser um so kleiner genommen werden muss, je mehr Tiefenwirkung die Eigenart des aufzunehmenden Objectes von dem Objectiv verlangt. Das mikroskopische Bild zeigt diesen Uebelstand in um so höherem Grade, je grösser der Oeffnungswinkel des Objectivs ist, welcher zur Bilderzeugung benutzt

wird und je grösser der Beleuchtungskegel ist, welcher dabei zur Verwendung kommt. Den Mikroskopiker stört derselbe jedoch viel weniger bei seinen Arbeiten, weil er durch geschickten Gebrauch der Mikrometerschraube leicht im Stande ist, sein Object auch in Ebenen zu studiren, welche höher oder tiefer als die zuerst eingestellte liegen, und deshalb keine grossen Ansprüche an die Tiefenwirkung seines Instrumentes zu stellen braucht.

Der Mikrophotograph allein steht bis jetzt dem Mangel an Tiefe seiner Bilder rathlos gegenüber und erkennt in ihm einen der Gründe, weswegen seine Kunst in so vielen Fällen an der Grenze ihrer praktischen Verwendbarkeit steht. Denn das Bild einer einzigen Ebene eines histologischen Präparates ist sehr häufig ganz unverständlich und wird nicht verständlicher durch das mittelst Verkleinerung des Beleuchtungskegels erzielte Plus an Tiefenwirkung, weil die Verkleinerung des Beleuchtungskegels unter ein gewisses Minimum — wie früher auseinandergesetzt wurde — der Qualität des Bildes schadet. Die Bewegung der Mikrometerschraube während der Belichtung der Platte — welche zur Erzielung grösserer Tiefe merkwürdigerweise von einem italienischen Mikrophotographen ernstlich empfohlen worden ist — ist selbstverständlich für die Mikrophotographie ganz unanwendbar, wenn es sich um Erzielung von auch in den Details gut ausexponirten Bildern handelt. So bleibt für die Mikrophotographie nur ein Auskunftsmittel, wenn es sich darum handelt, das Verständniss eines Präparates durch Tiefenwirkung zu erzielen, nämlich die Aufnahme mehrerer Bilder aus verschiedenen Ebenen desselben auf einer Platte neben einander. Dies ist leicht auszuführen mittelst der Schiebe-Cassette, welche, wie im Vorstehenden beschrieben, bei Aufnahme der Expositions-Scala zur Verwendung kommt.

Es ist leicht einzusehen, dass das Studium solcher neben einander stehender Bilder von verschiedenen Ebenen des Präparates geeignet ist, die Structur desselben genauer kenntlich zu machen, namentlich wenn jedem dieser Bilder — was mittelst der auf der Mikrometermutter angebrachten Theilung leicht auszuführen ist — eine Maassangabe bezüglich des Abstandes der entsprechenden Ebenen von einander beigefügt ist. Ein weiterer Vortheil dieser Bilder ist der, dass je zwei derselben unter gewissen Umständen stereoskopisch vereinigt werden und dadurch die dem stereoskopischen Sehen bei mikroskopischen Studien nachgerühmten Vortheile erreicht werden können, wie kürzlich ausgeführte Versuche mir gezeigt haben.

III. Mikrophotographische Aufnahmen mit polarisirtem und mit spectroskopisch zerlegtem Licht.

Für die Ausführung der ersteren Aufgabe kommt bekanntlich der Polarisations-Apparat, für die der zweiten das Spectroskop in Anwendung. Mikrophotographische Aufnahmen beiderlei Art sind, soviel mir bekannt ist, bis jetzt noch von Niemand

ernstlich in Angriff genommen worden, obwohl viele Fälle denkbar sind, unter welchen die mikrophotograpische Anwendung des Polarisationsapparates sowohl als die des Spectroskopes von zweifellosem Nutzen sein kann. So ist es z. B. nur mittelst der Photographie möglich, die charakteristische Abstufung der Farben wiederzugeben, — wenn auch nur mittelbar, durch Helligkeitsabstufungen, — welche ein mikroskopischer Krystall im polarisirten Lichte zeigt; so kann das Spectrum eines Blutkörperchens, auf mikrophotographischem Wege fixirt, gelegentlich in forensischen Fällen von Wichtigkeit sein. Aus diesem Grunde ist es vielleicht nicht nur der Vollständigkeit wegen, sondern auch aus praktischem Interesse angezeigt, wenigstens einige Andeutungen über die Art und Weise zu geben, in welcher man die oben genannten beiden Apparate für die Mikrophotographie zu verwenden hätte.

1. Die Anwendung des Polarisationsapparates.

Dieselbe geschieht ganz wie bei der gewöhnlichen Mikroskopie, indem der in diesem Falle reichlich gross zu wählende Polarisator unterhalb des Condensors, der Analysator (Prazmowski'sches Prisma) über der oberen Linse des Projections-Oculars eingeschaltet wird, nachdem die Beleuchtung des Objectes und die Projection des Bildes in der gewöhnlichen Weise vorgenommen worden ist.

2. Die Anwendung des Spectroskopes.

Das für mikrophotographische Zwecke zu verwendende Spectroskop hat zunächst insofern eine Modification zu erfahren, als die beiden Ocularlinsen des gewöhnlichen Mikrospectroskopes gegen diejenigen eines Projections-Oculars 2 zu vertauschen sind. Das auf diese Weise für mikrophotographische Zwecke modificirte Mikrospectroskop wird an die Stelle des gewöhnlichen Projections-Oculars eingesetzt, nachdem mit diesem vorher das Bild des Objectes, dessen Spectrum aufgenommen werden soll, auf die Platte projicirt worden war. Es wird nun zunächst das zu dem Mikrospectroskop gehörige Amici'sche Prisma entfernt und mittelst der oberen Linse des Projections-Spectral-Oculars ein scharfes Bild des Spaltes auf der Platte entworfen; innerhalb dieses Spaltbildes befindet sich dann, gleichfalls scharf, das Bild des Objectes, um dessen Spectrum es sich handelt. Dieses wird durch Verengerung und Verkürzung des Spaltes so eingeschlossen, dass es gerade die ganze Spaltöffnung ausfüllt. Hierauf wird dann das Amici'sche Prisma vor die Linse des Projections-Oculars gebracht, welche nun blos von demjenigen Theil des Präparates Licht empfängt, dessen Spectrum aufgenommen werden soll. — Derartige Arbeiten werden wohl kaum anders als mit directem Sonnenlichte möglich sein.

Die Demonstration mikroskopischer Bilder im Auditorium.

Der oben beschriebene mikrophotographische Apparat kann neben seinem eigentlichen Zweck auch zu Demonstrationen im Auditorium dienen, indem man das mit demselben erzeugte Bild anstatt auf die matte Scheibe der Camera auf einen in beliebiger Entfernung aufgestellten Schirm projicirt. In diesem Fall wird die Camera entweder ganz entfernt oder möglichst zusammengeschoben dicht an das Mikroskop gerückt, damit sie von dem zu projicirenden Bilde nichts abblendet. Selbstverständlich würden Diejenigen, welche den Apparat nur zu obigem Zwecke benutzen wollen, von vornherein auf den Bezug der Camera verzichten und nur die auf Seite 5 und 6 unter „I. Stativ für Mikrophotographie, mit Mikroskopirtisch und Beleuchtungsvorrichtungen“, beschriebenen Theile, und zwar ohne Cüvetten und Cüvettenständer für farbiges Licht, anschaffen.

I. Die Beleuchtung des Objectes.

Für die Beleuchtung des Objectes eignen sich zu dem vorliegenden Zweck nur die stärksten Lichtquellen, nämlich Sonnenlicht, elektrisches Bogenlicht und — zur Noth — die Magnesiumlampe. Die Anwendung der Lichtquelle würde in jedem Falle direct, also ohne matte Scheibe zu bewerkstelligen sein, und zwar unter Befolgung der oben näher auseinandergesetzten Vorschriften.

1. Sonnenlicht.

Soll zur Beleuchtung nur directes Sonnenlicht benutzt werden, so wird der Apparat am besten direct an das Fenster, so nahe wie möglich dem Heliostaten

aufgestellt, und zwar mit der optischen Achse parallel dem vom letzteren in das Zimmer dirigirten Strahlenbüschel; es würde also dann auch der bei Verwendung des Apparates für Mikrophotographie auf der optischen Bank aufgestellte Planspiegel wegfallen. Zur Verdunkelung des Zimmers genügt es, wenn sämmtliche Fenster mit Laden versehen sind, am besten mit Schiebeladen, bestehend aus leichten Holzrahmen, welche mit Leinwand und Papier überzogen werden und sich auf einer über den Fenstern angebrachten Eisenschiene mittelst eiserner Rollen bewegen lassen. Der Laden am Heliostaten-Fenster wird mit einem durch eine Klappe verschliessbaren runden Loch versehen, welches das vom Heliostaten ausgehende Strahlenbündel bis auf den zur Beleuchtung nöthigen Durchmesser einschränkt.

2. Elektrisches Bogenlicht.

Für die directe Beleuchtung mit elektrischem Bogenlicht dient die auf Seite 24—27 beschriebene Einrichtung, und zwar wird mittelst der dort erwähnten Sammellinsen zunächst auf der in einiger Entfernung vom Condensor aufgestellten matten Scheibe — deren Bild durch den letzteren in die Objectebene projicirt wird — ein scharfes Bildchen der positiven Kohlenspitze entworfen. Nach Entfernung der matten Scheibe erscheint anstatt des Bildes der letzteren dasjenige der Kohlenspitze in der Objectebene. Dieses Arrangement der Beleuchtung hat gegenüber der bisher bei ähnlichen Apparaten angewandten directen Projection der Kohlenspitze in die Objectebene mittelst des Sammellinsensystems (wobei Lampe und Linsensystem sehr nahe an das Mikroskop zu stehen kommen) den Vorzug der grösseren Sicherung des Präparates gegen die Wärmestrahlen der electrischen Lampe, welche bekanntlich so intensiv sind, dass sie bei unvorsichtiger Benutzung der Lampe trotz der Wasserkammer leicht dem Präparate verderblich werden. Aus der Beschreibung des Selenka'schen Projections-Apparates (angefertigt von der Firma Reiniger, Gebbert & Schall, Erlangen) ist z. B. ersichtlich, dass dort das Präparat durch Anblasen mit kalter Luft mittelst eines Blasebalges vor zu grosser Erhitzung geschützt werden muss. Die bei meinem Vorschlage des Arrangements ermöglichte grössere Entfernung der Lampe und des Sammellinsensystems vom Mikroskop bewirkt bei kaum nennenswerthem Lichtverlust eine völlige Sicherung des Präparates vor den Wärmestrahlen und erlaubt ausserdem eine gute Regulirung des Beleuchtungskegels mit Hülfe des achromatischen Condensors.

II. Die feine Einstellung des Bildes auf dem Schirm.

Ist die Bilddistanz nicht sehr gross, so kann die feine Einstellung des in der früher beschriebenen Art projicirten Bildes vom Mikroskop aus durch Drehung der Mikrometerschraube mit den Fingern bewirkt werden. Bei grösserer Entfernung des

Schirmes, auf welche hin es nicht mehr möglich ist die Details des Bildes vom Mikroskop aus zu erkennen, hätte die feine Einstellung mittelst des Hooke'schen Schlüssels durch einen am Schirm aufgestellten Assistenten zu erfolgen.

Als Schirm benutze ich auf den Rath Prof. Selenka's, welchem die Construction des ersten handlichen und nicht kostspieligen Projections-Apparates für elektrisches Bogenlicht zu danken ist, eine in einem Eisenrahmen befestigte Gypsplatte, deren Herstellung durch Aufguss der Gypsmasse auf einen grossen Spiegel erfolgt.

II.

Bezugsbedingungen und Preise

des

vorstehend beschriebenen neuen Apparates

für

Mikrophotographie

sowie

der kleinen mikrophotographischen Camera

nach Francotte.



Die umstehend verzeichneten, für mikrophotographische Aufnahmen construirten, Gegenstände können entweder einzeln oder zu vollständigen Apparaten zusammengestellt zu den beigefügten Preisen von uns bezogen werden. Vollständige Apparate werden vor ihrer Versendung, welche auf Gefahr und Kosten des Empfängers und unter sorgfältiger Beachtung aller Vorsichtsmaassregeln erfolgt, von dem mitunterzeichneten Verfasser vorstehender Gebrauchsanweisung (Dr. Roderich Zeiss) geprüft. Letzterer erklärt sich bereit, Denjenigen, welche derartige Apparate persönlich in Empfang zu nehmen und dabei die Handhabung derselben zu studiren wünschen, sein Laboratorium unentgeltlich zur Verfügung zu stellen.

Jena, März 1888.

Carl Zeiss

optische Werkstätte.

Dr. Carl Zeiss. Dr. Roderich Zeiss.

Apparat für Mikrophotographie.

Stativ für Mikrophotographie, mit Zubehör.

Mikroskopstativ, inclus. ABBE'schem Beleuchtungsapparat (1.40 num. Apert.) . . . . Mk. **350.—**

Achromatischer Condensor mit Irisblendung und Centrirstück, an Stelle des gewöhnlichen Condensorsystems einzustecken . „ **100.—**

Centrirstück allein, zur Verwendung gewöhnlicher achromatischer Objective als Beleuchtungsobjective . . . . „ **20.—**

Kleine Sammellinse, an Stelle des Condensorsystems einzustecken, für die Beleuchtung des Objects bei Anwendung schwächster Objective . . . . „ **5.—**

Metalluntersatz für das Mikroskop, auf drei Schrauben montirt, mit HOOKE'schem Schlüssel und Einrichtung zur Bewegung der Mikrometerschraube von der Camera aus . . . . „ **30.—**

Mikroskopirtisch, mit optischer Bank . . . . „ **100.—**

Ausrüstung der optischen Bank.

1. Für Sonnenlicht.

Reflexionsspiegel . . . . „ **45.—**

2 Blendungsständer mit Blendungen und matter Scheibe . . „ **52.—**

Cüvettenständer mit 2 Lichtfilter-Cüvetten . . . . „ **37.—**

2. Für künstliches Licht.

Elektrische Bogenlampe von SIEMENS & HALSKE, 1200 Kerzenstärke, inclusive Trichter und Verbindungsstück (Fabrikpreis) . . . . „ **215.—**

Transport: Mk. **954.—**

	Transport: Mk. 954.—	
Sammellinsen-System, für elektr. Bogenlicht	„ 110.—	
Wasserkammer, zur Absorption der Wärmestrahlen .	„ 47.—	
2 Blendungsständer / **Cüvettenständer** } wie oben	„ —.—	

3. Für Lampenlicht.

Biconvexlinse auf Stativ	„ 36.—	
		Mk. 1147.—

Camera für Mikrophotographie mit Zubehör.

Camera, mit eisernem Gestell, inclusive 2 Cassetten	Mk. 195.—	
2 Schemel auf eiserner Säule, in der Höhe verstellbar	„ 28.—	
Schiebecassette zur Herstellung von Expositionsscalen	„ 25.—	
Einstelllupe	„ 15.—	
		Mk. 263.—
		Mk. 1410.—
Extracassetten pr. Stück		„ 18.—

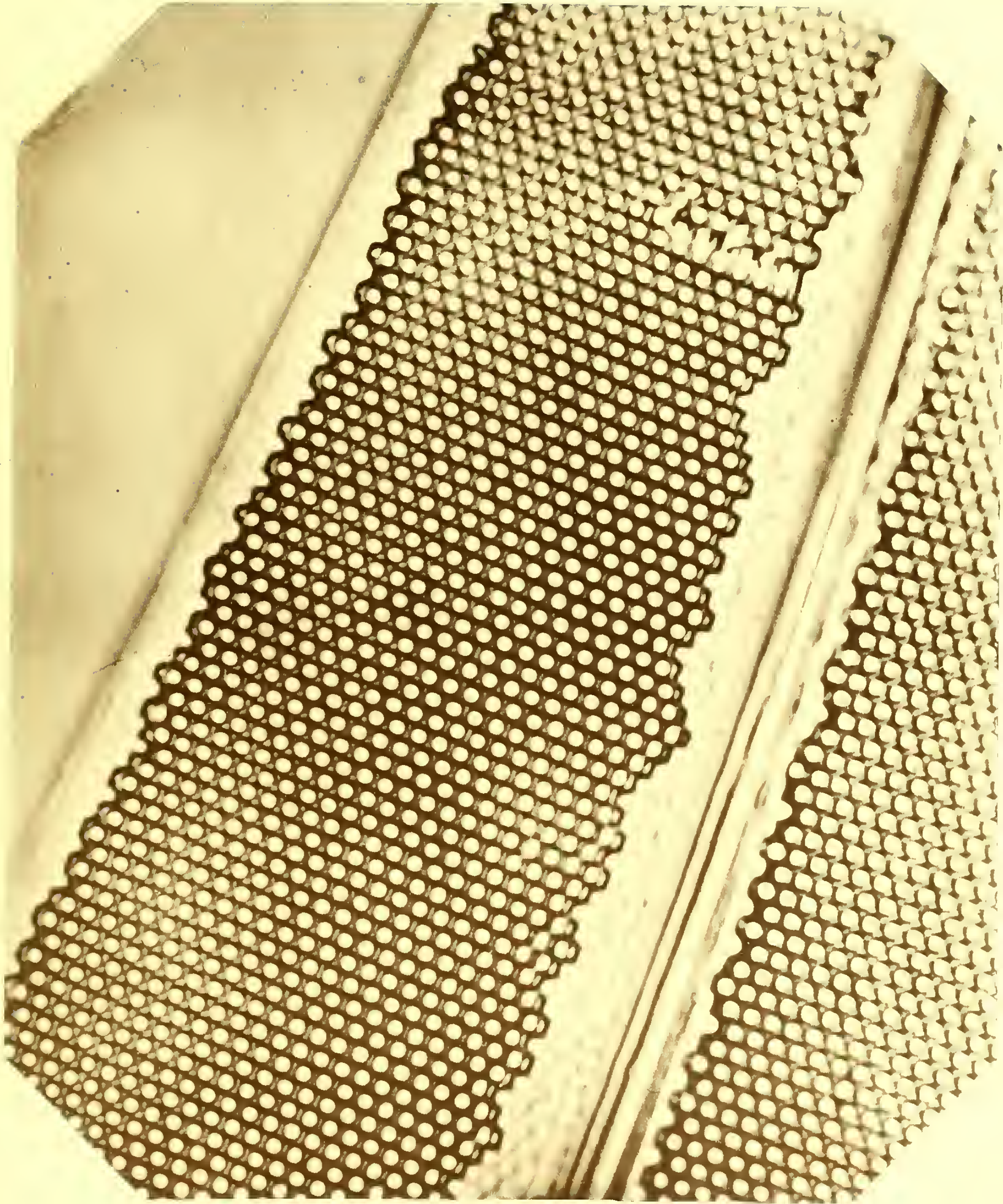
Kleine mikrophotographische Camera nach Francotte.

Camerabalg von 60 Cm. Länge, verschiebbar auf einem starken Holzbrett; zur Verwendung mit jedem umlegbaren Stativ geeignet, inclusive Metalluntersatz (auf 3 Schrauben montirt) für das Stativ, 2 Cassetten (18 × 18 Cm.), matter und durchsichtiger Scheibe . . . . Mk. 70.—

Extracassetten pr. Stück . . . . „ 12.—



I.



Pleurosigma angulatum.

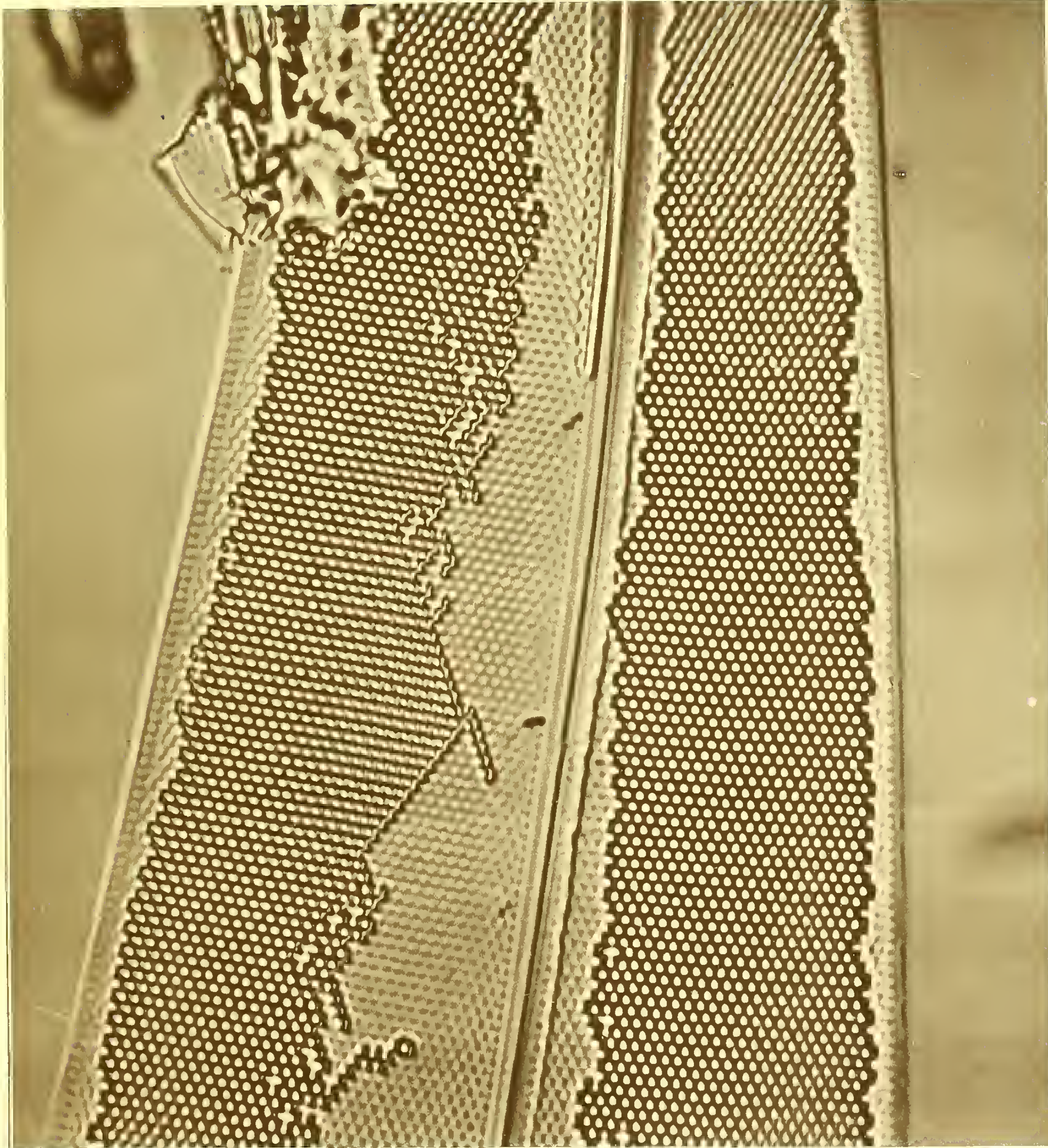
Vergrösserung: 4900.

Objectiv: Apochromat 2.0 Mm., 1.30 Apertur; Projections-Ocular 4.

Beleuchtung: central, Sonnenbild in die Objectebene projiciert
durch Apochromat 16.0 Mm., 0.30 Apert.

Lichtdruck von Kühl & Co., Frankfurt a. M.

II.



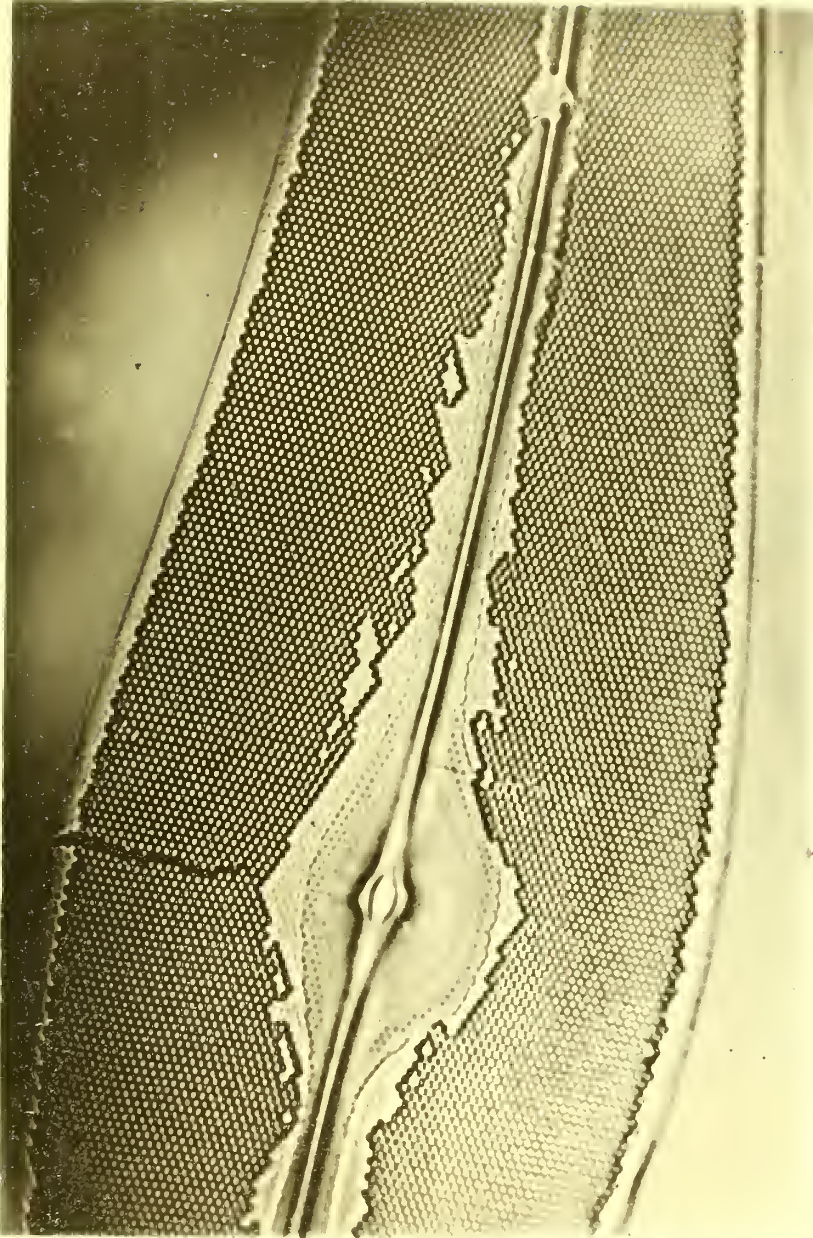
Pleurosigma angulatum.

Vergrösserung: 2200.

Objectiv: Apochromat 2.0 Mm., 1.30 Apertur, Projections-Ocular 2.
Beleuchtung: central, Sonnenbild in die Objectebene projiciert
durch Apochromat 16.0 Mm., 0.30 Apert.

Lichtdruck von Kühl & Co., Frankfurt a. M.

III.



Pleurosigma angulatum.

Vergrösserung: 1600.

Objectiv: Apochromat 3.0 Mm., 1.40 Apertur, Projections-Ocular 2.
Beleuchtung: central, Sonnenbild in die Objectebene projiciert
durch achromatischen Condensor (0.40 Apertur).

Lichtdruck von Kühl & Co., Frankfurt a. M.

IV.



Expositions - Skala

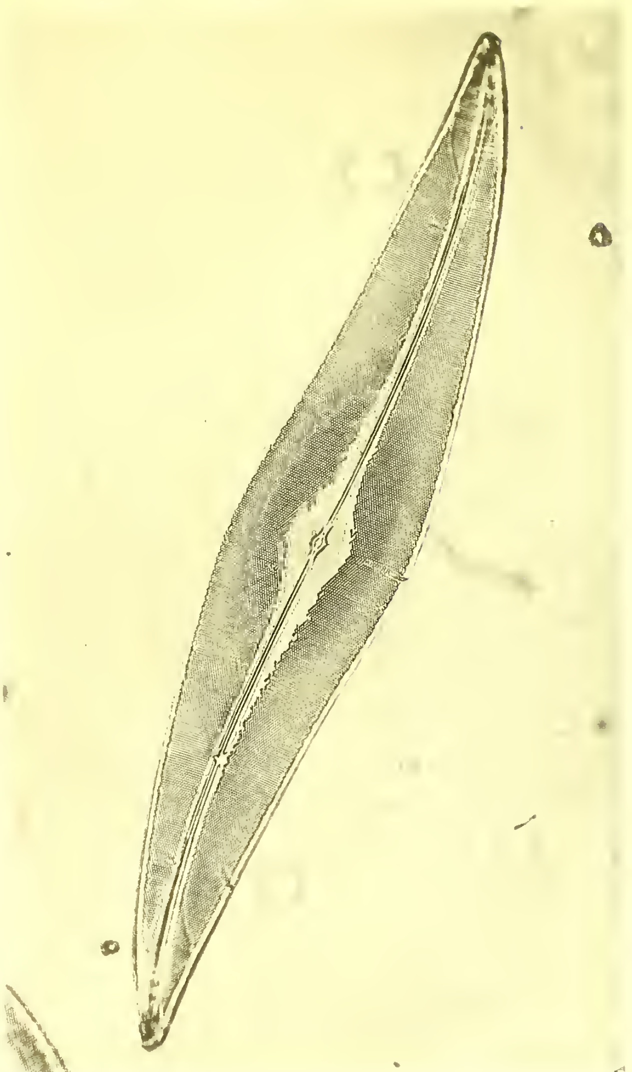
zu einer Aufnahme von

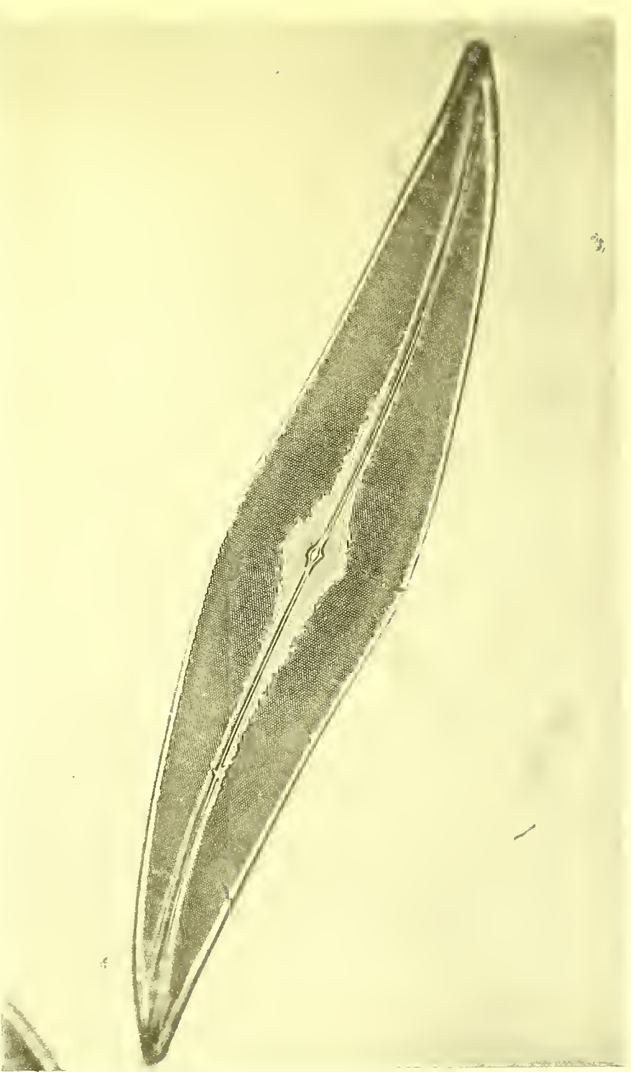
Pleurosigma angulatum

mittelst Apochromat 4.0 Mm., 0.95 Apert., Proj.-Ocular 2.

Lichtdruck von Kühl & Co., Frankfurt a. M.

V.





Pleurosigma angulatum.

Vergrösserung: 500.

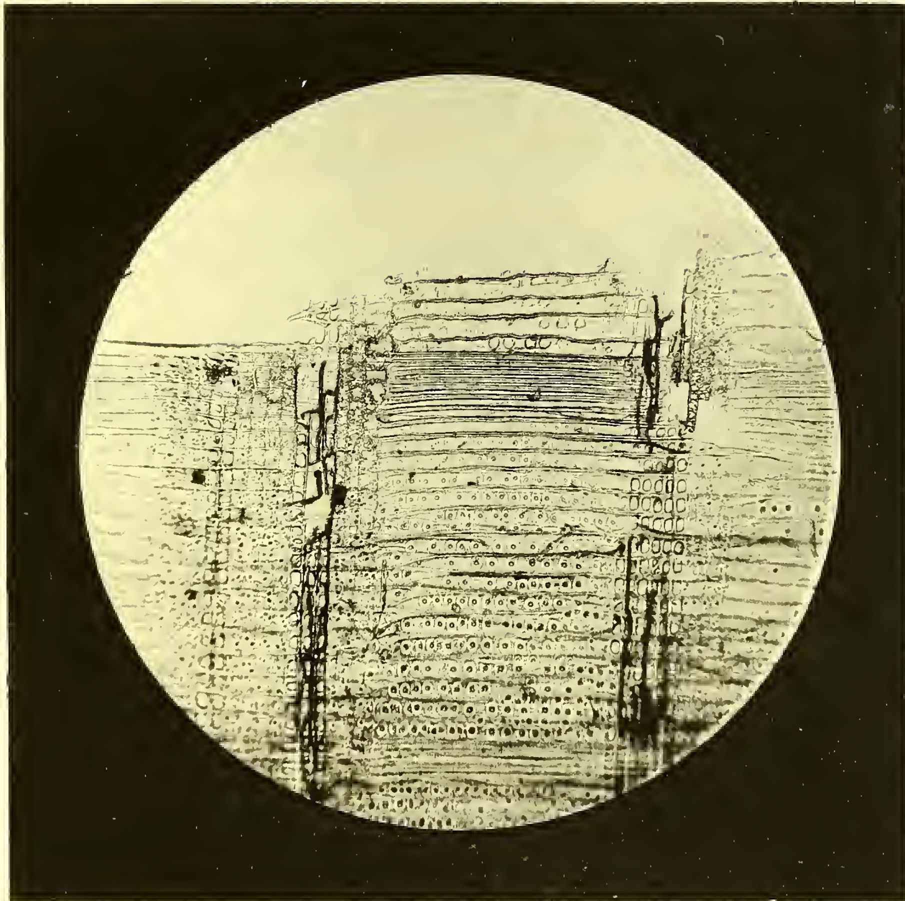
Objectiv: Apochromat 4.0 Mm., 0.95 Apertur, Proj.-Ocular 2.

Beleuchtung: central, Lichtquelle (durch electr. Bogenlicht erhellte matte Scheibe) in die Objectebene projiciert durch

Objectiv A (Apertur reduciert auf 0.10). Objectiv AA (Apert. 0.31).

Lichtdruck von **Kühl & Co.**, Frankfurt a. M.

VII.



Längsschnitt von Pinus silv.

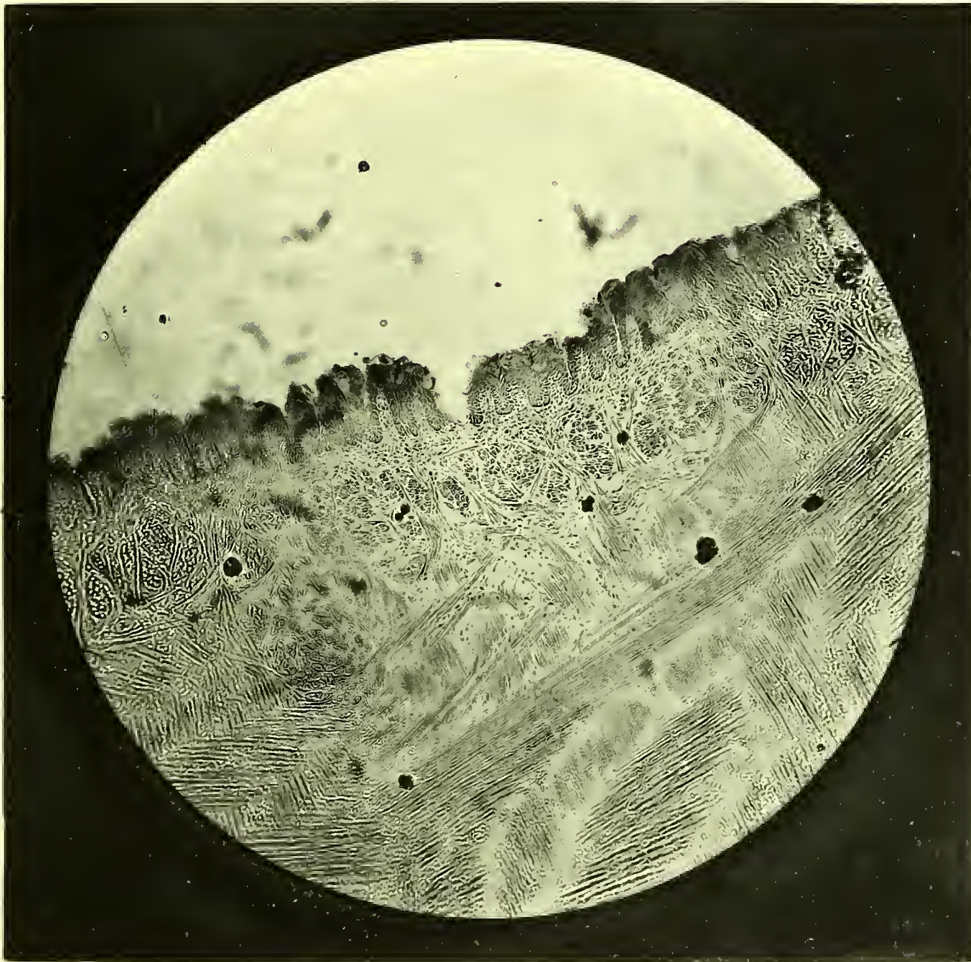
Vergrösserung: 60.

Objectiv: Apochromat 16.0 Mm., 0.30 Apertur, Projections-Ocular 2.

Beleuchtung: Lichtquelle (durch electr. Bogenlicht erhellte matte Scheibe) in die Objectebene projiciert durch Objectiv a.

Lichtdruck von Kühl & Co., Frankfurt a. M.

VIII.



Querschnitt der Zungenmuskulatur.

Vergrösserung: 125.

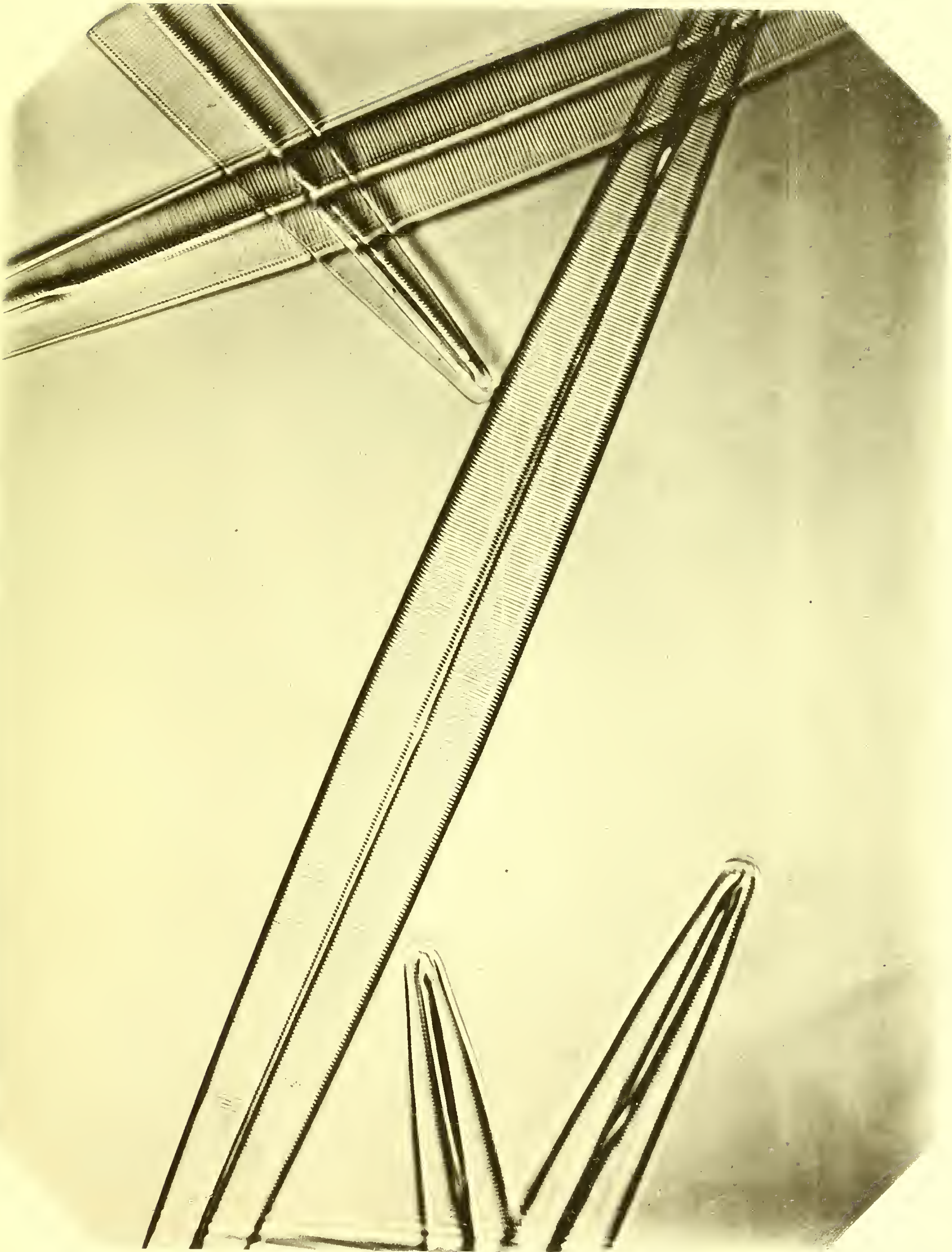
Objectiv: Apochromat 16.0 Mm., 0.30 Apertur, Projections-Ocular 2.

Beleuchtung: Lichtquelle (durch electr. Bogenlicht erhellte matte Scheibe) in die Objectebene projiciert durch Objectiv A.

Orthochromatische Platte.

Lichtdruck von Kühl & Co., Frankfurt a. M.

IX.



Amphipleura pellucida (Zinnchlorür).

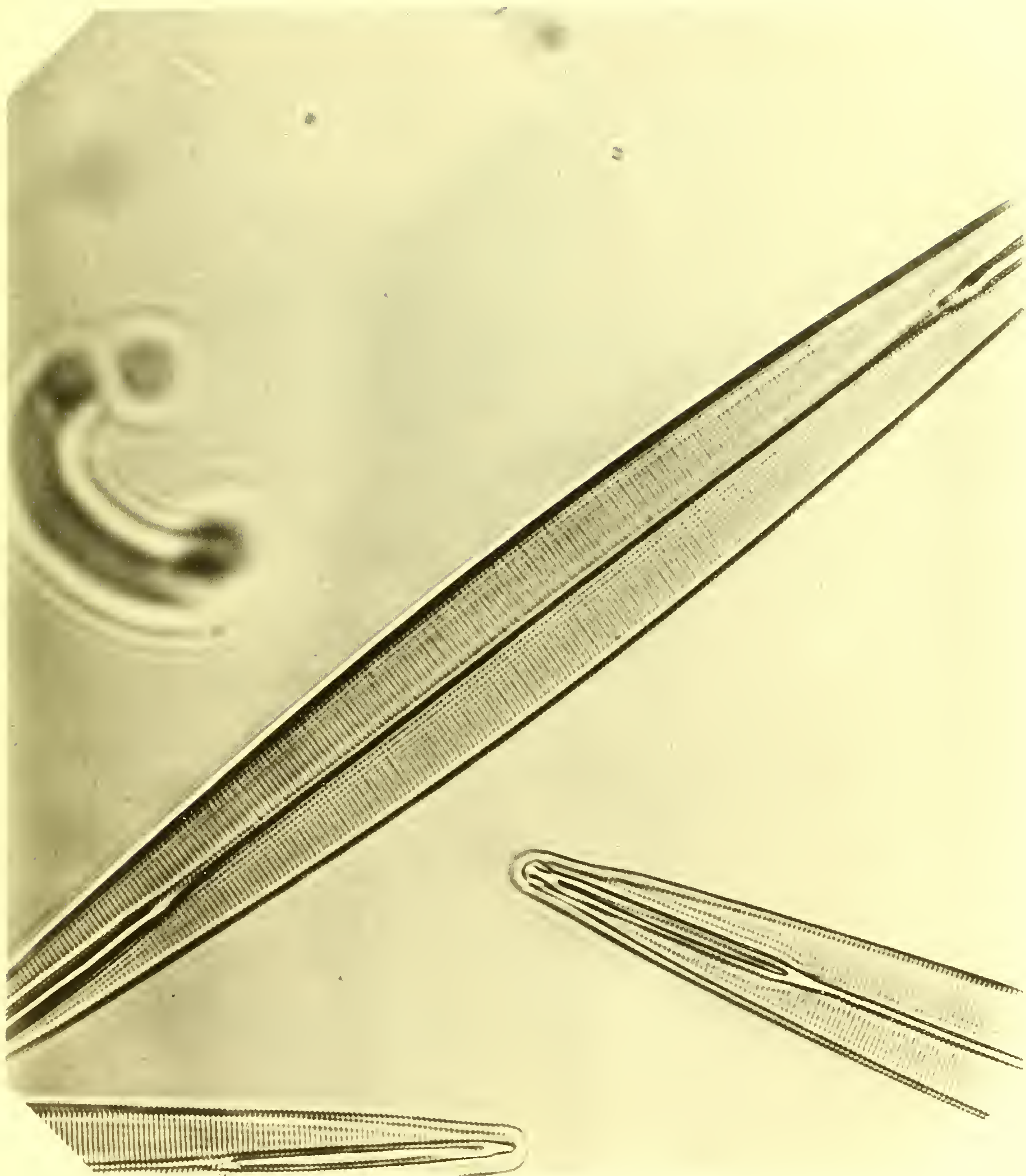
Vergrösserung: 3000.

Objectiv: Apochromat 2.0 Mm., 1.30 Apertur, Projections-Ocular 2.

Beleuchtung: schief, Sonnenbild excentrisch in die Objectebene projiciert durch den Abbe'schen Bel.-Apparat (1.40 Apertur).

Lichteinfall in der Richtung der Raphe des mittleren Exemplars.

X.



Amphipleura pellucida (Zinnchlorür).

Vergrösserung: 3000.

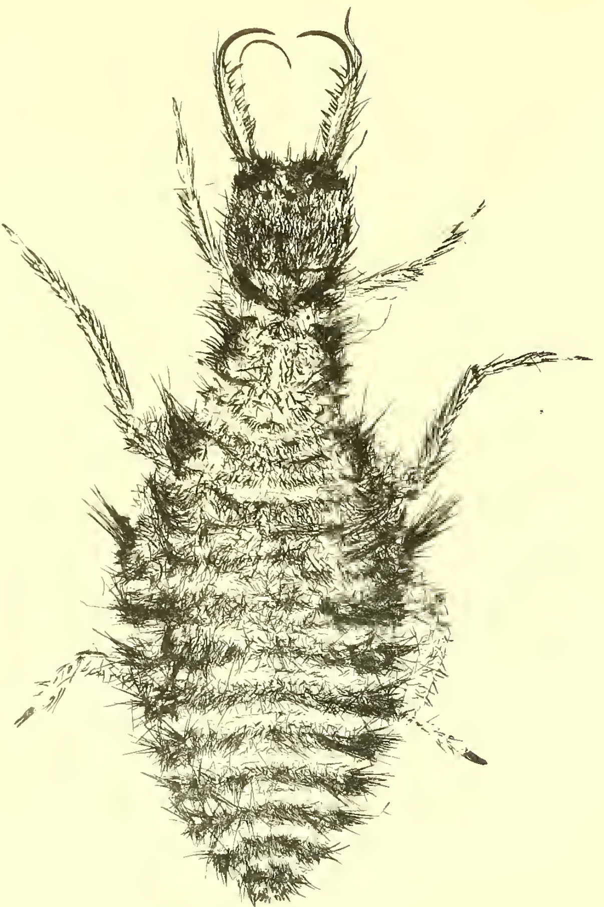
Objectiv: Apochromat 2.0 Mm., 1.30 Apertur, Projections-Ocular 2.

Beleuchtung: schief, Sonnenbild excentrisch in die Objectebene projiciert durch den Abbe'schen Bel.-Apparat (1.40 Apertur).

Lichteinfall ca. 45° zur Raphe des mittleren Exemplars.

Lichtdruck von Kühl & Co., Frankfurt a. M.

XI.





Aufnahmen mit dem Aplanat 75 Mm.

Vergrösserung: 10—15.

Beleuchtung: Lichtquelle (durch Lampenlicht erhellte matte Scheibe) centrisch in die Mitte des Objectivs projiciert mittelst schwachem Biconvex-Glas.

Orthochromatische Platten.

XII.

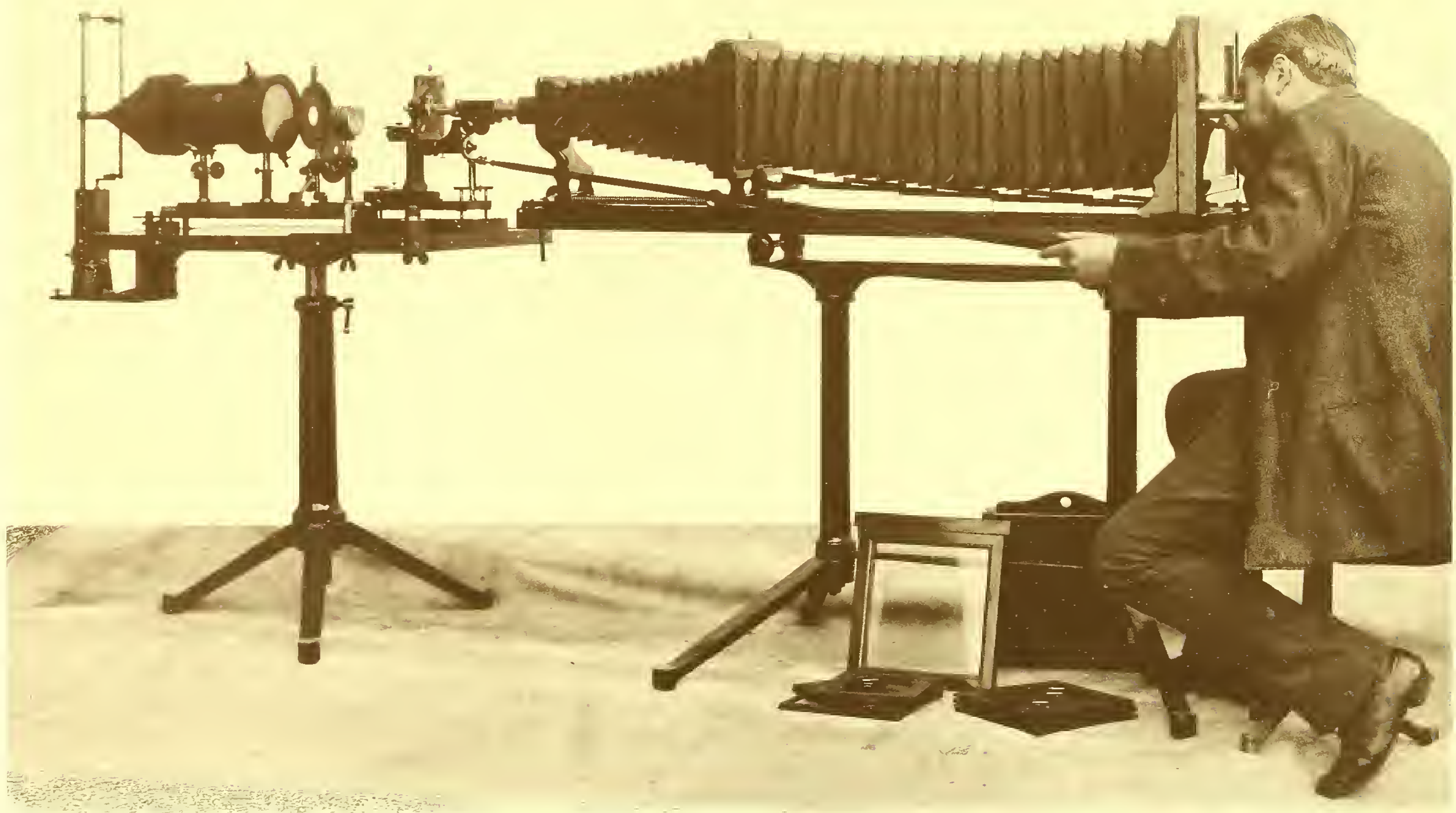


Mikrophotographischer Apparat.

Eingerichtet für Aufnahmen mit directem Sonnenlicht. (Centrierung des achromatischen Condensors).

Lichtdruck von **Kühl & Co.**, Frankfurt a. M.

XIII.

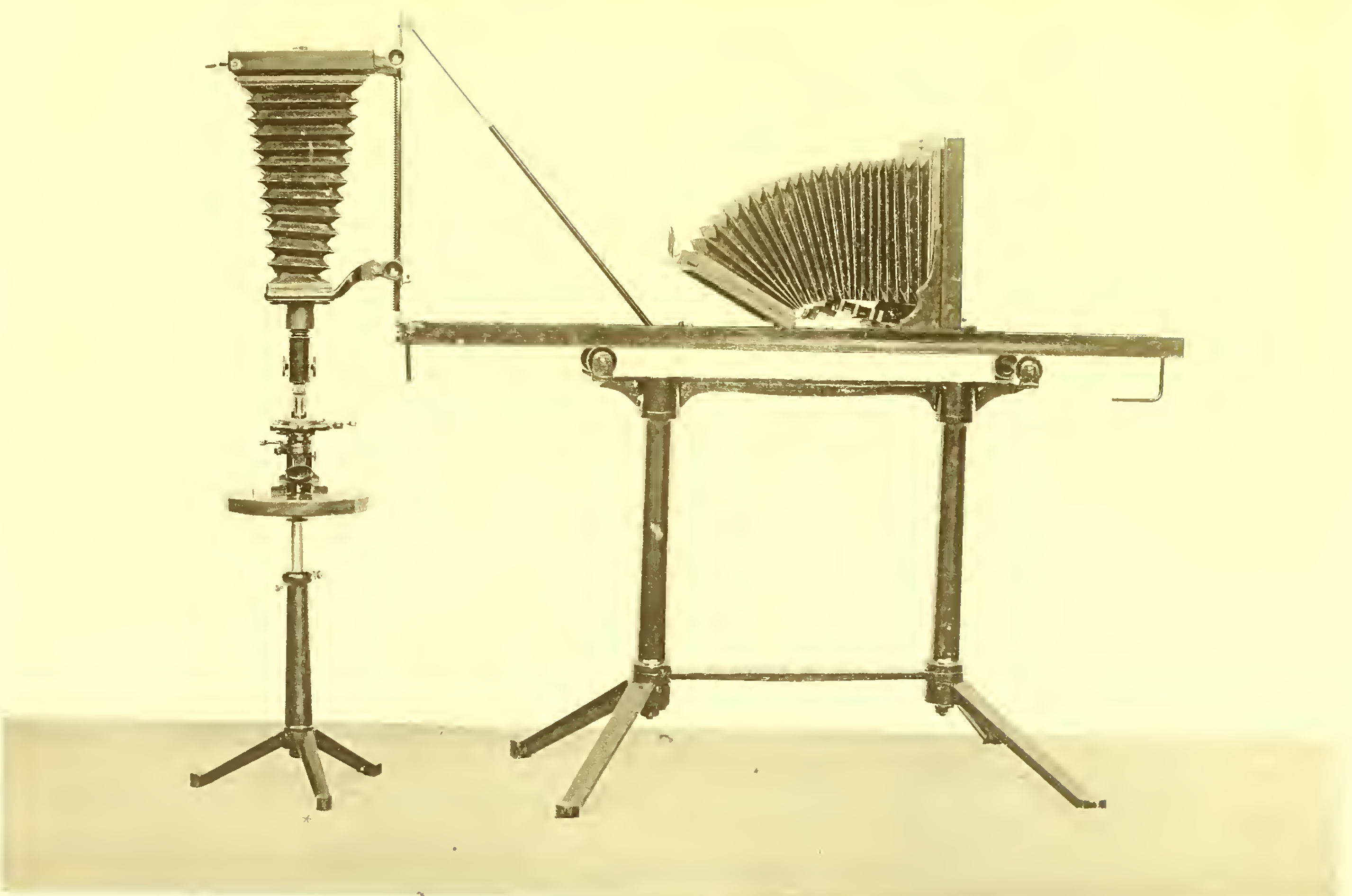


Mikrophotographischer Apparat mit elektrischer Bogenlampe.

(Einstellung des Bildes von der Platte aus.)

Lichtdruck von **Kühl & Co.**, Frankfurt a. M.

XIV.

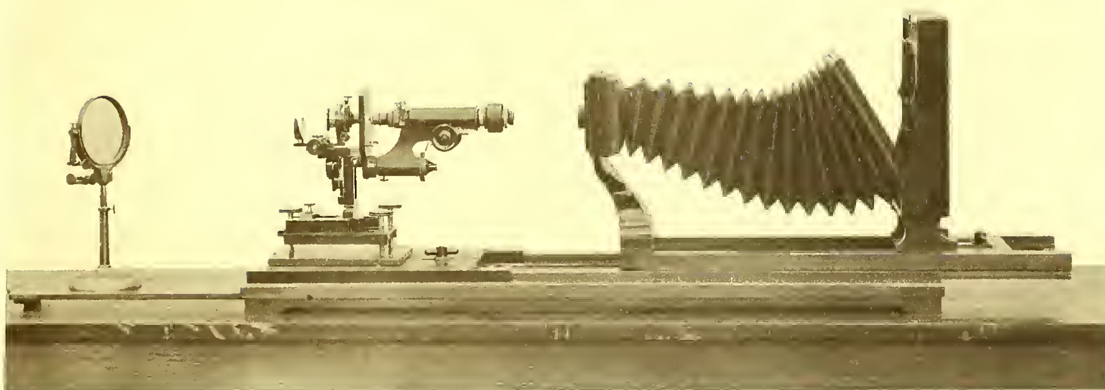


Mikrophotographischer Apparat.

(In aufrechter Stellung zur Aufnahme flüssiger Objecte.)

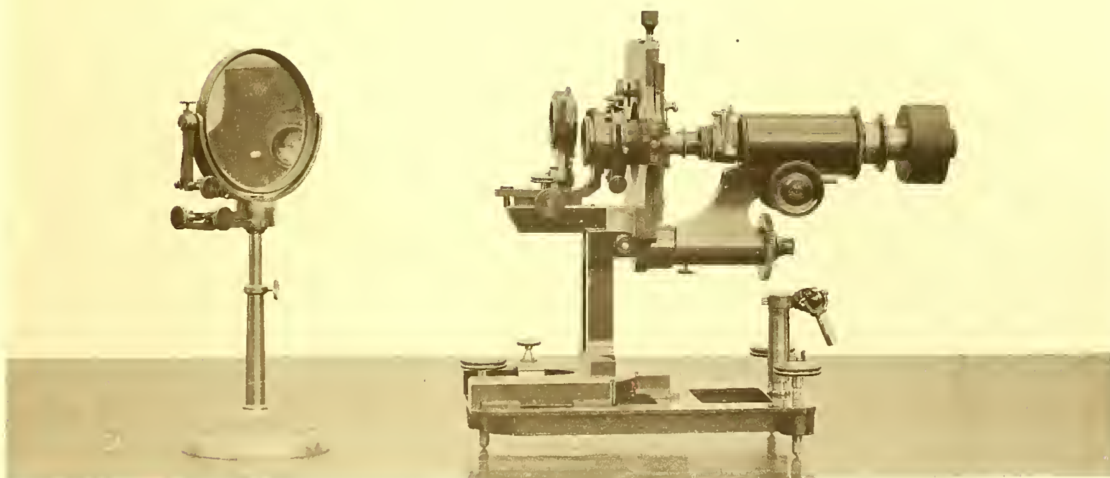
Lichtdruck von Kühl & Co., Frankfurt a. M.

XV.



Kleiner mikrophotographischer Apparat.

(Bestandtheile: kleine Camera, Stativ IV,3 und Spiegel auf Stativ.)



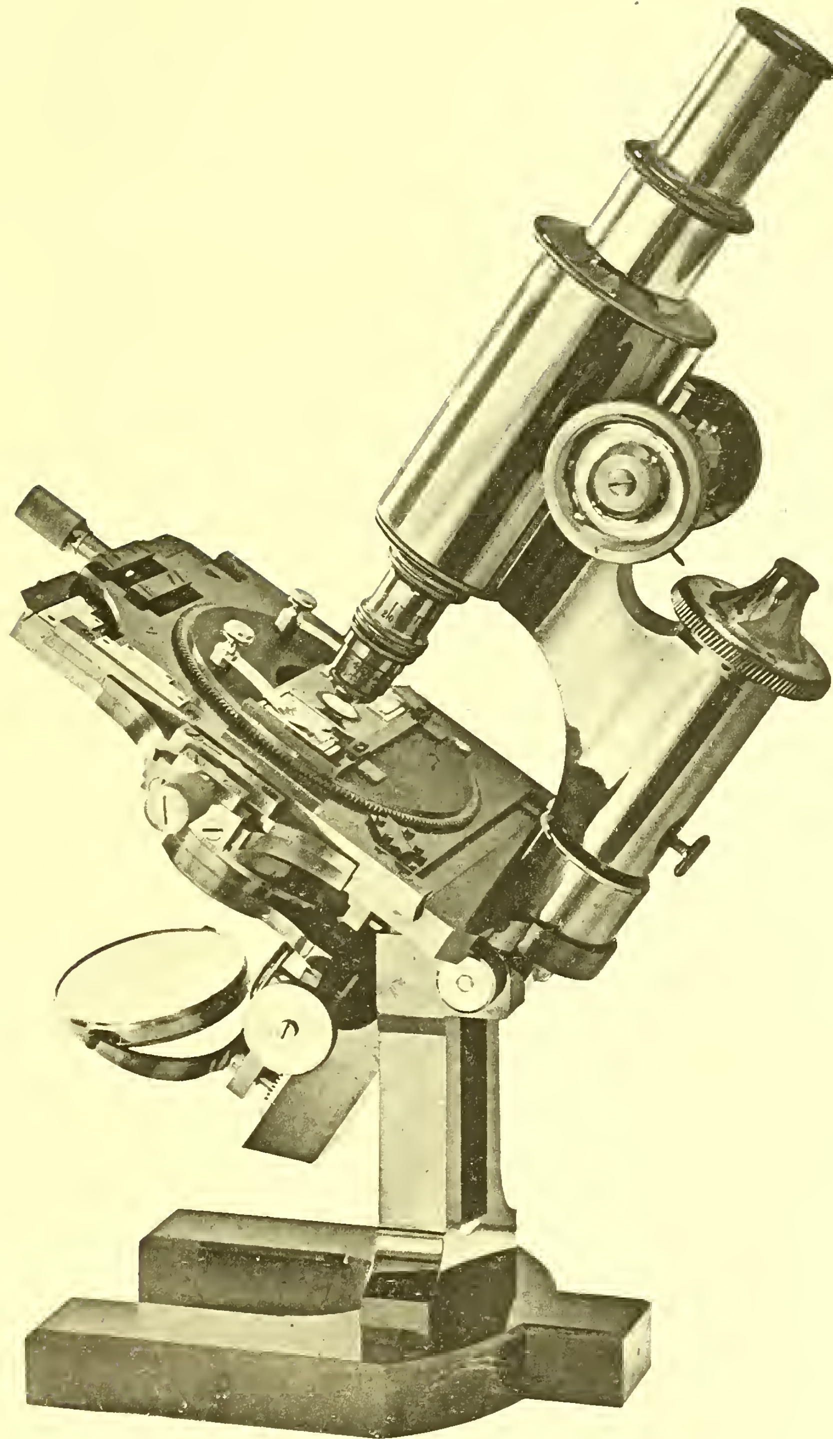
Spiegel auf Stativ.

Grosses Mikroskopstativ.

Geeignet für mikrophotographische und gewöhnliche Arbeiten.

Lichtdruck von Kühl & Co., Frankfurt a. M.

XVI.



Mikroskopstativ für Mikrophotographie.

($^1/_2$ nat. Grösse.)

Lichtdruck von Kühl & Co., Frankfurt a. M.